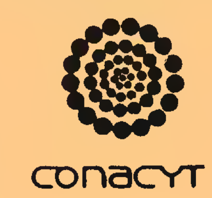
ISSN 0187-7151



ACTA BOTANICA MEXICANA

núm. 65 *Diciembre 2003*

Instituto de Ecología A.C.



Acta Botanica Mexicana (2003), 65: 1-9

INFECTION OF *CERATIUM FURCA* BY THE PARASITIC DINOFLAGELLATE *AMOEBOPHRYA CERATII* (AMOEBOPHRYIDAE) IN THE MEXICAN PACIFIC

Ismael Gárate Lizárraga
Laboratorio de Fitoplancton, Departamento de Plancton y Ecología Marina,
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-I.P.N.
Apartado Postal 592; 23000 La Paz, Baja California Sur, México

David A. Siqueiros Beltrones
Departamento de Biología Marina, Universidad Autónoma de Baja California Sur
Apartado Postal 19-B; 23081 La Paz, Baja California Sur, México y
Laboratorio de Fitoplancton, Departamento de Plancton y Ecología Marina, Centro
Interdisciplinario de Ciencias Marinas-I.P.N., La Paz, Baja California Sur

ABSTRACT

Parasitism within dinoflagellates is a widespread and well-documented phenomenon. Parasitic dinoflagellates of the genus *Amoebophrya* commonly infect free-living toxic, and non-toxic dinoflagellates species which may cause harmful red tides. Infections of *Ceratium furca* by *A. ceratii* were observed in red tides samples collected in the northwest coast of Baja California between 30°01'05" N, 115°51'16" W and 31°09'33" N, 116°31'09" W. This is the first record of this particular parasitic dinoflagellate in Mexican Pacific waters. There were mainly three dinoflagellate species causing this particular seawater discoloration: a *Gymnodinium*-like dinoflagellate, *Ceratium furca*, and *Akashiwo sanguinea*. These reached concentrations as high as 560 000, 762 600, and 395 400 cells L^{-1}, respectively. During the bloom, surface water temperature ranged between 13 and 17°C. Seawater salinity ranged from 33.2 to 33.8 psu. About 1.5% of the individuals of *C. furca* observed were infected by the intracellular parasite dinoflagellate *Amoebophrya ceratii*. This parasite was observed mainly inside specimens of *Ceratium furca* and very few specimens of *Ceratium macroceros*. In general, individuals of *C. furca* were partially or totally deformed. Infections by *A. ceratii* could delay or inhibit the dinoflagellate blooms as infected dinoflagellates become reproductively incompetent.

Key words: *Amoebophrya ceratii*, *Ceratium furca*, Mexican Pacific, parasitic dinoflagellates, red tides.

RESUMEN

El parasitismo dentro del grupo de los dinoflagelados es un fenómeno bien documentado y presenta una amplia distribución. Los dinoflagelados del género *Amoebophrya* comúnmente parasitan a especies de dinoflagelados de vida libre, tóxicos o no tóxicos, que forman mareas rojas nocivas. Las infecciones de *Ceratium furca* causadas por *A. ceratii* se observaron en muestras de mareas rojas colectadas en la costa de Baja California, entre los 30°01'05" N, 115°51'16" W y los 31°09'33" N, 116°31'09" W. Este es el primer registro de parasitismo en

dinoflagelados en aguas del Pacífico Mexicano. Las especies causantes de esta discoloración fueron el dinoflagelado desnudo similar a *Gymnodinium*, *Ceratium furca* y *Akashiwo sanguinea*, los cuales alcanzaron concentraciones tan altas como 560 000, 762 600, y 395 400 células L^{-1}, respectivamente. Durante el florecimiento, la temperatura del agua varió entre 13 y 17°C y su salinidad varió de 33.2 a 33.8 psu. Alrededor de 1.5% de los individuos de *C. furca* estaban infectados por el parásito intracelular *Amoebophrya ceratii*. Este parásito fue observado principalmente dentro de los especímenes de *Ceratium furca*. También se observó en *Ceratium macroceros* en muestras de red. En general, los individuos de *C. furca* manifestaron una deformidad parcial o total. Las infecciones debidas al dinoflagelado *A. ceratii* pueden llegar a retardar o inhibir los florecimientos de dinoflagelados debido a que éstos se vuelven reproductivamente incompetentes.

Palabras clave: *Amoebophrya ceratii*, *Ceratium furca*, dinoflagelados parásitos, mareas rojas, Pacífico mexicano.

INTRODUCTION

The fact that dinoflagellates are parasites of many other protists, metazoans, and even algae was first recognized by Chatton (1912, 1952). Over 80 species of parasitic dinoflagellates have been recorded (Elbrächter & Schnepf, 1998). The recognition of such parasites requires a certain level of experience that has been lacking until now in many research groups. Dinoflagellates of the genus *Amoebophrya* are frequently parasites of marine protists including radiolaria, ciliates and other dinoflagellates (Coats et al., 1996). *Amoebophrya ceratii* (Koeppen) Cachon is a parasitic dinoflagellate broadly distributed in the northern hemisphere with infections reported from 30 host species representing 28 dinoflagellate genera from coastal waters of the Mediterranean Sea and the Atlantic and Pacific oceans (Cachon, 1964; Taylor, 1968; Elbrächter, 1973; Nishitani et al., 1985; Fritz & Nass, 1992; Coats & Bockstahler, 1994; Coats et al., 1996).

Dinoflagellate studies carried out in the North Mexican Pacific have focused mainly on the floristic and distribution of free-living toxic and non-toxic species (Hernández-Becerril, 1988; 1989; Martínez-López & Verdugo-Díaz, 2000; Gárate-Lizárraga et al., 2001). *Amoebophrya* species appear well adapted to exploit dinoflagellate blooms (Yih & Coats, 2000). Although said dinoflagellate blooms are common events along the coasts of the Baja California peninsula (Blasco, 1977; Gárate-Lizárraga et al., 2001), parasitic dinoflagellates had not been recorded. The purpose of this work is to present the first reported instance of *Amoebophrya ceratii* in these waters.

MATERIAL AND METHODS

From June 30 to July 1, 1996, several patches of red tides were observed off the west coast of Baja California, along the northern portion of the Baja California

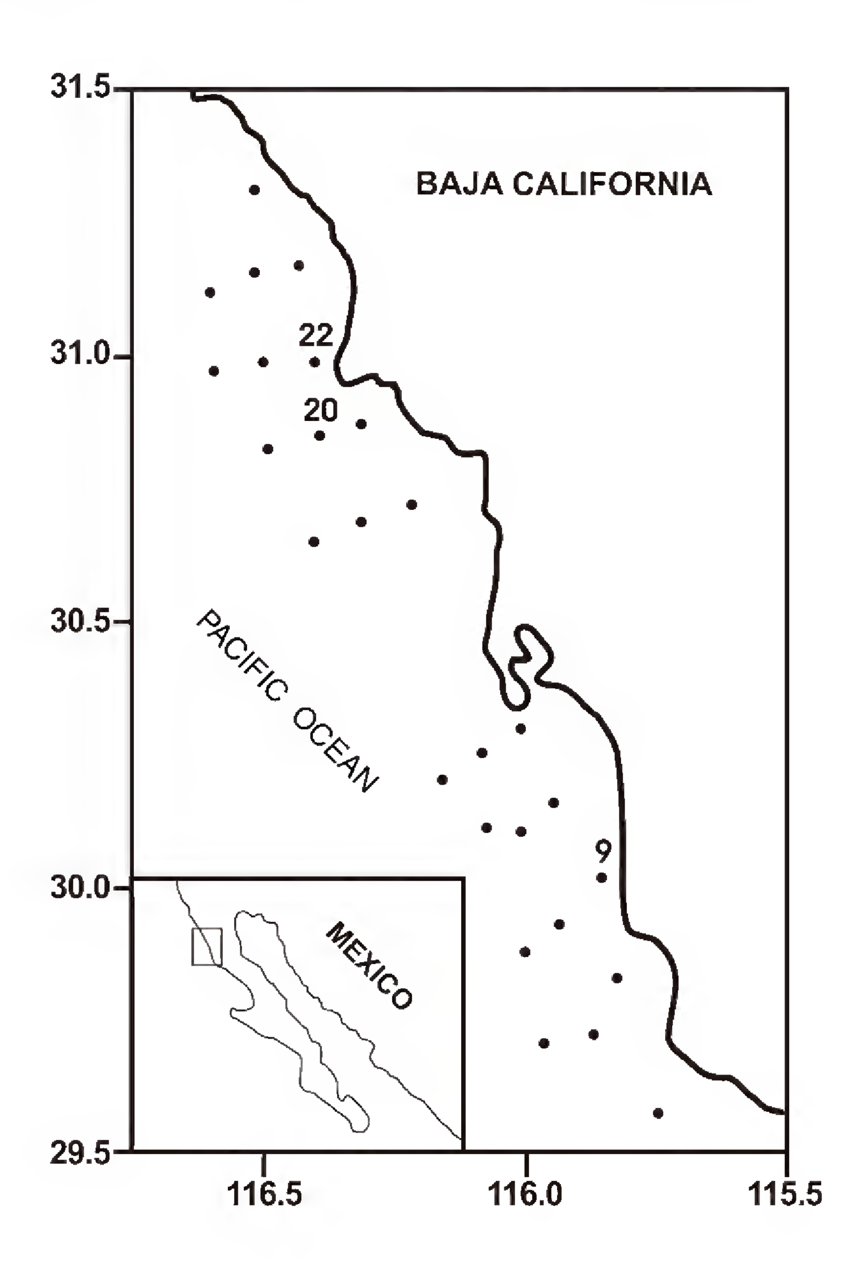


Figure 1. Location of the study area and red tides sampling stations.

peninsula, between 30°01'05" N, 115°51'16" W and 31°09'33" N, 116°31'09" W (Fig. 1). Surface samples of red tides used for this study were collected at stations 9 (samples A, B, C), 20 (A, B), and 22 (A) (Fig. 1). To support the taxonomic determinations of species surface net hauls were made at each station using a 54 µm mesh phytoplankton net. Net samples were analysed to find other infected dinoflagellate hosts. Samples for identification and cell counts were fixed and preserved with 3% formalin, and observed in 5-ml settling chambers using a phase contrast inverted microscope (Hasle, 1978). The total phytoplankton abundance was estimated simultaneously with the species composition determinations. Nannophytoplankton (organism < 20µ) abundance was estimated too and nannoplankters were grouped as nannoflagellates and not identified taxonomically because of its size. Surface water temperatures were recorded using a Kalhlsico thermometer. Salinity was recorded using a CTD Inter-Ocean SO4. Microphotographs were taken with an Olympus CH-30 phase contrast microscope.

RESULTS AND DISCUSSION

A total of 23 species of microphytoplankton were identified. Dinoflagellates were by far the most important group in abundance and in number of taxa determined (15), followed by diatoms (7) and 1 euglenophyte. Nannoflagellates and unidentified naked dinoflagellates were also important contributors to the total abundance (Table 1). Total phytoplankton abundance in the samples ranged from 128 600 to 1 636 800 cells L^{-1}.

Table 1. Species composition and abundance (cells L^{-1}) of phytoplankton community in the different red tide samples.

Species composition	Station 20 A	Station 22 A	Station 22 B	Station 9 A	Station 9 B	Station 9 C
DIATOMS						
Asteromphalus heptactis			200		800	800
Cylindrotheca closterium	400	800	2400	8400	2000	6200
Chaetoceros curvisetus	200		2400		8400	9400
Chaetoceros lorenzianus					2800	
Proboscia alata		800			400	400
Rhizosolenia imbricata	200	200			600	1200
Thalassiosira sp.		800				
DINOFLAGELLATES						
Akashiwo sanguinea	25000	12400	97400	157600	140000	395400
Alexandrium monilatum	200				3400	
Ceratium furca	4000	410800	762200	392800	307200	482400
Ceratium fusus	200	2000	1200		2400	15600
Ceratium kofoidii		400	400		2400	400
Ceratium pentagonum	400					
Gonyaulax verior					1200	
Gymnodinium catenatum				4200	1200	
Gymnodinium-like dinoflagellate	22400	171200	60000	341600	371200	560000
Heteraulacus polyedricus			800			800
Naked dinoflagellates	42800	5600	5000	8400	11600	18800
Noctiluca scintillans	600		800		1200	400
Oxyphyxis oxytoxoides			2400		800	1800
Prorocentrum triestinum	1200	4800	1400	4000	6400	14000
Protoperidinium bipes					400	

Table 1. Continuation.

Species composition	Station 20 A	Station 22 A	Station 22 B	Station 9 A	Station 9 B	Station 9 C
Scrippsiella trochoidea	28600	2400	400	2000	200	4200
EUGLENOPHYTES						
Eutreptia sp.	200	800				
NANNOPLANKTON						
Nannoflagellates	2200	56000	14600	58000	75000	125000
TOTAL ABUNDANCE	128600	669000	951600	977000	939600	1636800

Three dinoflagellate species caused the observed seawater discoloration: a *Gymnodinium*-like dinoflagellate, *Ceratium furca* (Ehrenberg) Claparède & Lachmann and *Akashiwo sanguinea* (Hirasaka) G. Hansen et Møestrup which reached concentrations as high as 560 000, 762 600, and 395 400 cells L^{-1}, respectively. Species composition and the abundance (cells L^{-1}) of phytoplankton community observed in the different patches are shown in Table 1. Other species that form red tides, such as *Prorocentrum triestinum* Schiller, *Scrippsiella trochoidea* (Stein) Loeblich, *Alexandrium monilatum* (Howell) F. J. R. Taylor and *Gymnodinium catenatum* Graham were also identified in the samples. *G. catenatum* had not been recorded previously off the west coast of the Baja California peninsula. During the bloom surface water temperature ranged between 13 and 17°C, while seawater salinity ranged between 33.2 and 33.8 psu.

Blooms of *A. sanguinea* have been scarcely reported in the west coast of Baja California peninsula (Turrubiates-Morales, 1994; Gárate-Lizárraga et al., 2001). However, in spite of *C. furca* being a very common species (Estrada & Blasco, 1979; Hernández-Becerril, 1989; Martínez-López & Verdugo-Díaz, 2000), no blooms of that species have been observed previously in this area. Isolated blooms of *C. furca* have been reported in coastal lagoons (Gárate-Lizárraga & Siqueiros-Beltrones, 1998). Highest values of biomass (chlorophyll a) during the blooms observed in this study varied from 9.6 to 16.5 mg/m^3 (Gárate-Lizárraga & Martínez-López, 1996). These blooms are responsible for local increases in the phytoplankton biomass, and seem to be very important in terms of the fertility of this coastal zone.

About 1.5% of the individuals of *C. furca* observed were infected by the intracellular parasitic dinoflagellate *Amoebophrya ceratii* (Koeppen) Cachon. This

parasite was observed mainly inside specimens of *Ceratium furca*. In net samples, few specimens of *Ceratium macroceros* (Ehrenberg) Vanhöffen were infected too. In general, infected individuals of *C. furca* were partially or totally deformed (Fig. 2). Elbrächter (1973) reported the first infections of *C. furca* by *A. ceratii* for German waters. Measurements made on 15 infected specimens (114 - 136 μm) and 15 healthy ones (96 - 120 μm) showed that the former had a mean length/wide ratio of 2.67 vs. a 3.3 ratio for the latter. The other red tide causing dinoflagellates recorded were not infected by *A. ceratii.*

All *Amoebophrya* are intracellular parasites and infections occur when dinospores, the biflagellated dispersal stage of the parasite, attach to the outer membrane and penetrate into the cytoplasm of the host. Inside the host, the parasite differentiates into trophont (vegetative) stage which soon increases in size and begins a series of nuclear divisions. It differentiates into an episome which sinks progressively in the hyposome (Cachon, 1964; Coats & Bockstahler, 1994). Nuclear divisions are not followed by cytoplasmic divisions. Thus, trophonts of late infections are large polynucleated organisms later becoming multiflagellate that occupy most of host cell.

The ecological importance of parasitic dinoflagellates is particularly evident during epidemic outbreaks that cause mass mortality of host organisms. Yih & Coats (2000) have pointed out that *Amoebophrya* species appear well adapted to exploit dinoflagellate blooms in enriched coastal environments because they may infect up to 80% of the potential hosts (Coats, 1999). The bloom of *C. furca* here reported

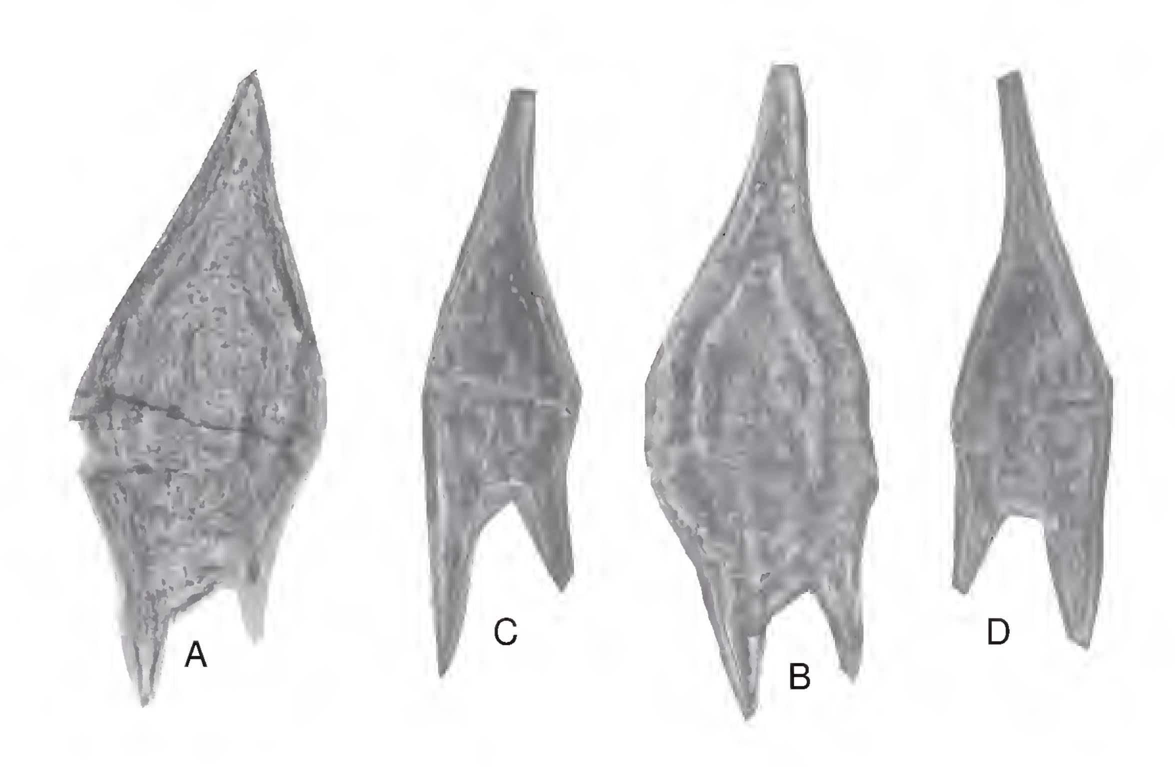


Figure 2. Light microscopy photograph of *Ceratium furca*: A and B = *C. furca* infected by *Amoebophrya ceratii*; A = typical view of *A. ceratii* resembling a “fingerprint”; C and D = normal specimens.

occurred in an upwelling zone (Torres-Moye et al., 1986). Ocurrence of dinoflagellate blooms are common events in the Baja California peninsula coasts and have been linked to the nutrient enriched waters of upwelling events (Blasco, 1977; Estrada & Blasco, 1979; Packard et al., 1978; Gárate-Lizárraga et al., 2001). Thus, the possibility of infections by *A. ceratii* are high. Infections by *A. ceratii* delay or inhibit dinoflagellate blooms because infected dinoflagellates become reproductively incompetent (Elbrächter, 1973; Nishitani et al., 1985).

Most events of *A. ceratii* infections have been observed during red tides (Taylor 1968; Elbrächter, 1973; Fritz & Nass, 1992; Coats & Bockstahler, 1994; Coats et al., 1996). Taylor (1968) has suggested that *A. ceratii* could be used as an effective biological control against the development of dense dinoflagellate blooms. Albeit, Nishitani et al. (1985) argued that *Amoebophrya* would not be a good biological control because it was not host specific. In vitro observations by Coats et al. (1996) and Coats & Park (2002) showed that cultures of *A. ceratii* failed to infect several other dinoflagellate species, e.g. *A. sanguinea* and *Gymnodinium instriatum* (Fraudenthal et Lee) Coats, and suggested that this taxon represents a species complex composed of several host-specific parasites, and that Taylor's suggestion should be given more consideration.

The specimens here analysed were deposited in the Colección Biológica of the Laboratorio de Fitoplancton of the Instituto Politécnico Nacional-CICIMAR.

ACKNOWLEDGEMENTS

Partial financial support was provided by Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Scholarship grant 138138), and by the Instituto Politécnico Nacional (CEGEPI grant 20010320) to carry out this study. We thank Wayne Coats (Smithsonian Environmental Research Center) for aiding in the precise identification of *A. ceratii* and his criticisms of the manuscript. Ismael Gárate Lizárraga is Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas and Estímulos al Desempeño de los Investigadores fellow. David Alfaro Siqueiros Beltrones is Estímulos al Desempeño de los Investigadores and Sistema Nacional de Investigadores fellow.

LITERATURE CITED

Blasco, D. 1977. Red tide in the upwelling region of Baja California. Limnol. Oceanogr. 22: 255-263.

Cachon, J. 1964. Contribution à l'étude des péridiniens parasites. Cytologie, cycles evolutifs. Ann. Sci. Nat. Zool. 6: 1-158.

Chatton, E. 1912. Diagnoses preliminaires de Péridiniens parasites nouveaux. Bull. Sci. Zool. France 37: 85-92.

Chatton, E. 1952. Classe des Dinoflagellés ou Péridiniens. In: Grassé, P.P., Traité de Zoologie. I., Masson, Paris. pp. 309-390.

Coats, D. W. 1999. Parasitic life styles of marine dinoflagellates. J. Eukaryot. Microbiol. 46: 402-409.

Coats, D. W. & K. R. Bockstahler. 1994. Ocurrence of the parasitic dinoflagellate *Amoebophrya ceratii* in Chesapeake Bay populations of *Gymnodinium sanguineum*. J. Euk. Microbiol. 41: 586-593.

Coats, D. W. & M. G. Park. 2002. Parasitism of photosynthetic dinoflagellates by three strains of *Amoebophrya* (Dinophyta): parasite survival, infectivity, generation time, and host specificity. J. Phycol. 38: 520-528.

Coats, D. W., E. J. Adam, C. L. Gallegos & S. Hedrick. 1996. Parasitism of photosynthetic dinoflagellates in a shallow subestuary of Chesapeake Bay, U.S.A. Aq. Microb. Ecol. 11: 1-9.

Elbrächter, M. 1973. Population dynamics of *Ceratium* in coastal waters of Kiel Bay. Oikos 15: 43-48.

Elbrächter, M. & E. Schnepf. 1998. Parasites of harmful algae. In: Anderson, D. M., A. D. Cembella & G. M. Hallegraeff (eds.). Physiological ecology of harmful algal blooms. Springer-Verlag. Berlin; pp. 351-369.

Estrada, M. & D. Blasco, 1979. Two phases of the phytoplankton community in the Baja California upwelling. Limnol. Oceanogr. 24: 1065-1080.

Fritz, L. & M. Nass. 1992. Development of the parasitic dinoflagellate *Amoebophrya ceratii* within host dinoflagellates species. J. Plankton Res. 3: 331-344.

Gárate-Lizárraga, I. & A. Martínez-López. 1996. Marea roja causada por *Ceratium furca* y *Gymnodinium sanguineum* en la parte norte de la península de Baja California. Memorias del II Congreso Mexicano de Ficología, Ensenada, B. C., México. p.15.

Gárate Lizárraga, I. & D. A. Siqueiros Beltrones. 1998. Time variations in phytoplankton assemblages in a subtropical lagoon system after the 1982/83 El Niño event (1984/86). Pacific Science 52: 79-97.

Gárate-Lizárraga, I, M. L. Hernández-Orozco, C. J. Band-Schmidt & G. Serrano-Casillas. 2001. Red tides along the coasts of Baja California Sur, México (1984 to 2001). Oceanides 16: 127-134.

Hasle, G. R. 1978. Using the inverted microscope. In: Sournia A. (ed.). Phytoplankton manual. UNESCO. Paris. 196 pp.

Hernández-Becerril, D. U. 1988. Especies del fitoplancton tropical del Pacífico mexicano. II. Dinoflagelados y cianobacterias. Rev. Latinoamericana Microbiol. 30: 187-196.

Hernández-Becerril, D. U. 1989. Species of dinoflagellates genus *Ceratium* Schranck (Dinophyceae) in the Gulf of California and coasts off Baja California, México. Nova Hedw. 48: 33-54.

Martínez-López, A. & G. Verdugo-Díaz. 2000. Composición y dinámica del fitoplancton en el BAC de Bahía Magdalena, B.C.S. In: Lluch-Belda, D., J. Elorduy-Garay, S. E. Lluch-Cota & G. Ponce-Díaz (eds.). BACs: Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano 9: 125-142.

Nishitani L., G. Erickson & K. K. Chew. 1985. Role of the parasitic dinoflagellate *Amoebophrya ceratii* in control of *Gonyaulax catenella* populations. In: Anderson, D. M., A. W. White & D. G. Baden (eds.). Toxic dinoflagellates. Elsevier Sci. Pub. Co. Inc. New York. pp. 225-230.

Packard, T. T., D. Blasco & R. T Barber. 1978. *Mesodinium rubrum* in the Baja California upwelling system. In: Bohe, R. & M. Tomczak (eds.). Upwelling Ecosystems. Springer-Verlag. Heidelberg. pp. 73-89.

Taylor, F. J. R.1968. Parasitism of the toxin-producing dinoflagellate *Gonyaulax catenella* by the endoparasitic dinoflagellate *Amoebophrya ceratii*. J. Fish. Res. Bd. Can. 25: 2241-2245.

Torres-Moye, G. & M. J. Acosta-Ruiz. 1986. Some chemical properties indicating coastal upwelling events and subsurface countercurrent in an area near Punta Colonet, Baja California. Cien. Mar. 12:10-25.

Turrubiates-Morales, J. R., 1994. Registro de *Gymnodinium sanguineum* K. Hirasaka, 1922 en la marea roja observada en Bahía Tortugas, B.C.S., durante abril-agosto de 1991. Memorias del IX Simposium Internacional de Biología Marina (Jun-1992) Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, Baja California Sur, México. pp. 81-85.

Yih, W. & D. W. Coats, 2000. Infection of *Gymnodinium sanguineum* by the dinoflagellate *Amoebophrya* sp.: effect of nutrient environment on parasite generation time, reproduction, and infectivity. J. Euk. Microbiol. 47: 504-510.

Recibido en febrero de 2002.
Aceptado en octubre de 2003.

Acta Botanica Mexicana (2003), 65: 11-29

MICROMORFOLOGÍA DE LA LEMA EN *CATHESTECUM* (POACEAE: CHLORIDOIDEAE: BOUTELOUINAE)

Darisol Pacheco Rivera, Patricia Dávila Aranda

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores
Iztacala. Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos (UBIPRO)
Av. de los Barrios s/n, Los Reyes Iztacala, 54090 Tlalnepantla, Edo. de México
darisolp@hotmail.com; pdavilaa@servidor.unam.mx

y

Jesús Valdés Reyna

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Botánica
Buenavista, Saltillo, Coahuila
jvaldes@narro.uaaan.mx

RESUMEN

Dada la utilidad taxonómica que presentan los caracteres de la epidermis de la lema y la escasez de información pertinente para el género *Cathestecum*, se examinan, describen y comparan estas características con aquellas presentadas por géneros afines de la subtribu Boutelouinae, con el fin de dilucidar sobre los posibles rasgos con valor taxonómico. Los resultados más significativos muestran la presencia de papilas en *C. tamaulipense*, *C. erectum* y *C. brevifolium* var. *sonorense*, la ausencia de aguijones y células de corcho en *C. brevifolium* y la ausencia de cuerpos de sílice en todas las especies de *Cathestecum*. Los géneros afines *Buchloë*, *Soderstromia*, *Griffithsochloa*, *Pentarrhaphis* y *Bouteloua*, representados en su mayoría por una sola especie, excepto *Bouteloua* y *Pentarrhaphis*, presentan abundantes papilas (no observadas en *Bouteloua eludens* ni en *Griffithsochloa multifida*) y células de corcho. Los cuerpos de sílice sólo se observaron en *Buchloë dactyloides*. Se concluye que algunas características micromorfológicas estudiadas pueden considerarse de valor taxonómico para separar las especies de *Cathestecum*, así como establecer, junto con otras fuentes de evidencia morfológicas, relaciones entre los taxa de la subtribu Boutelouinae.

Palabras claves: anatomía, *Cathestecum*, Gramineae, lema.

ABSTRACT

Given the taxonomical utility of lemma epidermis characters and the scarcity of such information for the genus *Cathestecum*, these characteristics are examined, described and

compared with those of related genera in the subtribe Boutelouinae in order to elucidate possible characters of taxonomic value. The most significant results were the presence of papillae in *C. tamaulipense*, *C. erectum* and *C. brevifolium* var. *sonorense*, the absence of prickles and cork cells in *C. brevifolium* and the absence of silica bodies in all species of *Cathestecum*. Related genera (*Buchloë*, *Soderstromia*, *Griffithsochloa*, *Pentarrhaphis* and *Bouteloua*), each one represented by a single species (except *Bouteloua* and *Pentarrhaphis*), have abundant papillae (not observed in *Bouteloua eludens* and *Griffithsochloa multifida*) and cork cells. Silica bodies were observed only in *Buchloë dactyloides*. It is concluded that some of the micromorphological characters studied may be of taxonomic value for separating species of *Cathestecum*, as well as for establishing, along with others morphological sources, relationships among the taxa of subtribe Boutelouinae.

Key words: anatomy, *Cathestecum*, Gramineae, lemma.

INTRODUCCIÓN

El género *Cathestecum* J. Presl se incluye en la subfamilia Chloridoideae, la cual se distribuye substancialmente en las regiones cálido-secas del mundo. Fue descrito por primera vez en 1830 y su posición taxonómica a nivel de tribu y subtribu dentro de las gramíneas ha variado de acuerdo con diferentes apreciaciones. Clasificaciones más actuales ubican a *Cathestecum* en la tribu Chlorideae *sensu lato* (Watson y Dallwitz, 1992), mientras que Clayton y Renvoize (1986), Pohl en Davidse et al., (1994), así como Valdés y Dávila (1995) lo incluyen en la tribu Cynodonteae, subtribu Boutelouinae. Más recientemente, Columbus (1999) propone una nueva circunscripción taxonómica para definir la monofilia del grupo, en donde *Cathestecum* y otros otros géneros considerados como satélites, pasan a formar parte de *Bouteloua*.

En cuanto al número total de especies de *Cathestecum*, también ha habido cambios importantes basados en datos de diferentes fuentes, principalmente de tipo macromorfólogico (Vasey, 1884; Beal, 1896; Griffiths, 1912; Hitchcock, 1913, 1950; Swallen, 1937 y Pierce, 1978, 1979). En este estudio se sigue la propuesta de Pierce (1979), en la cual se reconocen e identifican cinco especies y cuatro variedades: *C. brevifolium* (var. *brevifolium*, var. *hirsutum*, var. *ramosum* y var. *sonorense*); *C. erectum*; *C. prostratum*; *C. tamaulipense* y *C. varium*. Actualmente, y con base en el trabajo de Columbus et al. (1998), se realiza una nueva revisión del género, incorporando otras fuentes de evidencia.

Cathestecum ha sido considerado como próximo a los géneros *Buchloë*, *Buchlominus*, *Cyclostachya*, *Pentarrhaphis*, *Pringleochloa*, *Opizia* y *Griffithsochloa* (Reeder y Reeder, 1963, 1966; Reeder et. al., 1965; Reeder, 1969; Rzedowski, 1975; Pierce, 1978). De acuerdo con Columbus et al. (1998), quienes estudiaron la filogenia de *Bouteloua* y géneros relacionados usando secuencias de ITS, *Cathestecum* se encuentra formando parte de un clado no resuelto junto a *Bouteloua eludens*, *Buchloë*, *Griffithsochloa*, *Pentarrhaphis* y *Soderstromia*. Estos últimos taxa han sido considerados en el presente estudio con el fin de establecer comparaciones con *Cathestecum*.

En lo referente a la distribución geográfica de las especies de *Cathestecum*, éstas se encuentran desde el sur de Texas, en Estados Unidos, hasta México, Guatemala, Honduras y El Salvador, en Centroamérica. Su principal centro de diversidad es México, por lo que algunos autores consideran al género como endémico a este país y a Centroamérica (Swallen, 1937).

De manera general, a estas plantas se les observa creciendo en regiones de clima cálido, de relativamente baja precipitación y sometidas a menudo a condiciones de sequía severa. Algunas especies forman extensas áreas a la orilla de caminos y carreteras; en otros casos, constituyen el sustrato herbáceo dominante dentro de algunas comunidades vegetales y un recurso importante como forraje para consumo animal.

Como se mencionó anteriormente, los caracteres más utilizados en la delimitación de los taxa pertenecientes a este grupo han sido los macromorfológicos; sin embargo, en las gramíneas se ha demostrado la utilidad taxonómica de rasgos anatómicos a nivel de hoja (epidermis y corte transversal de lámina) y de la espiguilla. La epidermis de la lema, aunque menos estudiada que la de la lámina, ha facilitado la observación de dichos caracteres, tal como puede evidenciarse en diferentes estudios comparativos realizados (Terrell y Wergin, 1981, Terrell et al., 1983; Zuloaga y Sendulsky, 1988; Peterson, 1989; Valdés y Hatch, 1991; Columbus, 1996 y Snow, 1996). De estos trabajos, los cuatro últimos aportan información para taxa de Chloridoideae y en especial el de Columbus (1996), en el que se estudia la subtribu Boutelouinae. Por otro lado, Pierce (1979), en su trabajo biosistemático de *Cathestecum* y *Griffithsochloa,* describe los resultados de observaciones anatómicas de cortes transversales y epidermis de lámina, pero no incluye las relativas a las lemas.

Dada la poca información disponible sobre la micromorfología de la lema en el género *Cathestecum*, los objetivos de este estudio son: 1) examinar y describir las características anatómicas de la epidermis abaxial de la lema en las especies del mencionado género; 2) comparar estas características con aquellas presentadas por otros géneros afines de la subtribu Boutelouinae y 3) dilucidar sobre los posibles rasgos anatómicos con valor taxonómico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se removieron las lemas totalmente desarrolladas de ejemplares de diez especies pertenecientes a seis géneros de la subtribu Boutelouinae, incluyendo las cinco especies de *Cathestecum* (Apéndice 1). En su mayor parte, el material se obtuvo de colectas recientes y en los casos en que no se contaba con éste, se tomaron de ejemplares herborizados hace algún tiempo. Se seleccionó un promedio de tres especímenes, representativos del intervalo geográfico de cada especie. Las lemas fueron removidas del flósculo inferior de la espiguilla central de la rama, o de los flósculos fértiles femeninos para los taxa con espiguillas dimorfas (*Buchloë dactyloides*, *Cathestecum brevifolium* y *Soderstromia mexicana*).

Posteriormente las lemas fueron fijadas en portamuestras de aluminio, con la ayuda de una cinta adhesiva de carbón conductivo y cubiertas durante 3-4 minutos con un baño de oro en un evaporador de vacío marca Desk II. Algunas de las lemas se trataron con xileno durante 30-45 minutos para remover la cera cuticular, la cual puede ocultar algunos elementos de la superficie. Sin embargo, al comparar los resultados con las lemas no tratadas, no hubo diferencias significativas.

Cada lema se examinó en un microscopio electrónico de barrido marca JEOL, modelo JSM-5310 LV, a un voltaje entre 10 y 20 kV y a diferentes aumentos. En algunos casos, fue necesario el uso del microscopio esteroscópico para complementar y verificar la información obtenida. Las fotografías se tomaron utilizando placas fotográficas 4x5 pulg., Kodak TMax 100.

La superficie observada fue la epidermis abaxial, específicamente la porción media central situada entre las nervaduras. El lado adaxial de las lemas no presentó caracteres taxonómicos informativos, por lo cual no se incluyó en el estudio. Para la terminología empleada se siguió a Ellis (1976, 1979), Palmer y Tucker (1981) y la señalada en Anónimo (1962).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Apéndice 2 se muestra el formato seguido para la observación y descripción de la epidermis abaxial de la lema, utilizando 28 caracteres en total. Con base en esta información y usando la terminología de los autores mencionados en el párrafo anterior, se presenta la descripción para las especies de *Cathestecum*.

Cathestecum brevifolium. Células largas intercostales: Paredes lisas a ligeramente onduladas en la var. *brevifolium*, ligeramente onduladas en las variedades *hirsutum* y *sonorense*. Papilas: Presentes en la var. *sonorense*, circulares o redondeadas, dorsales en las células largas, 1 por célula, en hileras horizontales (Fig. 1). Aguijones: Observados sólo en la var. *sonorense*, base elíptica, generalmente 1 aguijón por célula, en hileras horizontales (Fig. 1). Micropelos: Observados sólo en la var. *brevifolium*, bicelulares, claviformes, ápice redondeado, célula basal más larga que la distal, base contraída o estrecha (Fig. 2). Macropelos: No observados en la var. *sonorense*; unicelulares, escasos, con el ápice puntiagudo en las variedades *ramosum* y *brevifolium* (Fig. 2); con 2 o más células, abundantes, el ápice puntiagudo en la var. *hirsutum* (Fig. 3). Células de corcho: No observadas. Células de sílice: No observadas.

Cathestecum erectum. Células largas intercostales: Paredes ligeramente onduladas. Papilas: Circulares o redondeadas, dorsales en células largas, 1 por célula, en hileras horizontales (Fig. 4). Aguijones: Base elíptica, 1 aguijón por célula, en hileras horizontales (Fig. 4). Micropelos: Bicelulares, claviformes, el ápice

ligeramente puntiagudo, la base estrecha (Fig. 5). Macropelos: Unicelulares, paredes delgadas, abundantes (Fig. 14). Células de corcho: Con forma de pesas vertical (más anchas o altas que largas) y bordes irregulares (Fig. 5). Células de sílice: No observadas.

Cathestecum prostratum. Células largas intercostales: Paredes lisas o ligeramente onduladas (Fig. 6). Papilas: No observadas. Aguijones: Base elíptica, 1 aguijón por célula, en hileras horizontales. Micropelos: Bicelulares, claviformes, ápice ligeramente puntiagudo, base estrecha. Macropelos: Unicelulares, paredes delgadas, frecuentes a abundantes. Células de corcho: Con forma de pesas vertical (más anchas o altas que largas) y bordes irregulares (Fig. 7). Células de sílice: No observadas.

Cathestecum tamaulipense: Células largas intercostales: Paredes medianamente onduladas. Papilas: Circulares o redondeadas, dorsales en las células largas, 1 por célula, arreglo irregular (presenta algunas zonas sin papilas) (Fig. 8). Aguijones: Base elíptica, 1 aguijón por célula, en hileras horizontales o de manera irregular. Micropelos: Bicelulares, claviformes, con el ápice redondeado y la base estrecha. Macropelos: Unicelulares, paredes delgadas, abundantes (Fig. 9). Células de corcho: Con forma de pesas vertical (más anchas o altas que largas) y bordes irregulares. Células de sílice: No observadas.

Cathestecum varium. Células largas intercostales: Cuadradas, con paredes moderadamente onduladas. Papilas: No observadas. Aguijones: No observados. Micropelos: Bicelulares, claviformes, con el ápice redondeado y base estrecha. Macropelos: No observados. Células de corcho: Con forma de pesas vertical (más anchas o altas que largas) y bordes irregulares (Fig. 10). Células de sílice: No observadas.

Seguidamente, se analizan de manera comparativa, las principales características de las lemas observadas en las especies de *Cathestecum* y en los taxa afines. Además, un resumen de estos resultados donde se confrontan taxa versus presencia/ausencia de estructuras anatómicas, se presenta en el Apéndice 3. Como detalle importante se puede mencionar que la abundancia de cera cuticular (incluso en las muestras tratadas con xileno), en muchos casos, dificultó la observación de algunas células. Es probable que el estudio de los patrones de distribución de esta cera pueda generar alguna información de utilidad taxonómica, tal como se ha reportado en algunos trabajos realizados en gramíneas (Palmer y Tucker, 1981; Terrel y Wergin, 1981).

Micropelos. Fueron observados en todos los taxa analizados, excepto en *C. brevifolium* variedades *hirsutum*, *ramosum* y *sonorense*. Se caracterizan por ser bicelulares, con la célula basal más larga y menos inflada que la distal. El ápice

de esta última es redondeado, aunque existen formas ligeramente puntiagudas en *C. erectum* y *C. prostratum*.

Papilas. *C. tamaulipense* y *C. brevifolium* var. *sonorense* presentaron papilas circulares o redondeadas, con posición distal y arregladas en hileras horizontales. El número de papilas por célula larga fue de uno en la var. *sonorense* e irregular en *C. tamaulipense*, debido a que tenía zonas sin papilas. De los taxa afines a *Cathestecum*, se observaron estas estructuras en *Buchloë dactyloides*, *Pentarrhaphis polymorpha* y *Soderstromia mexicana*. En la primera especie las papilas son redondeadas, escasas y distribuidas de manera irregular (Fig. 11). En *S. mexicana* son abundantes, circulares o elípticas, arregladas en hileras (Fig.12). En *P. polymorpha* se destacan por su mayor tamaño, abundancia (más de una papila por célula larga), su posición central o distal y su arreglo irregular en las células largas (Fig. 13). Por último, en *Griffithsochloa multifida* y *Bouteloua eludens* no se observaron papilas.

Aguijones. No se encontraron aguijones en *C. varium* y *C. brevifolium* variedades *brevifolium*, *hirsutum* y *ramosum*. El resto de los taxa de *Cathestecum* presentan por lo general un aguijón por célula, con la base elíptica y distribuidos en hileras simples; sin embargo, *C. tamaulipense* exhibió algunas zonas sin aguijones. Asimismo, en *B. eludens*, *B. dactyloides*, *G. multifida* y *P. polymorpha* se presentaron estas estructuras distribuidas de manera irregular, siendo los aguijones más largos, abundantes y agudos en el último caso (Fig. 13). *S. mexicana* no presentó aguijones.

Macropelos. En *C. varium* y *C. brevifolium* variedades *ramosum* y *sonorense*, no se evidencia la presencia de macropelos, al igual que en *B. dactyloides*. Por el contrario, estas estructuras son abundantes en *C. erectum*, *C. prostratum*, *C. tamaulipense*, *C. brevifolium* var. *hirsutum* y *P. polymorpha* (Figs. 3, 9, 13 y 14); frecuentes (entre 3-10) en *B. eludens* y *G. multifida* y escasas (entre 1-2) en *C. brevifolium* var. *brevifolium*. Asimismo, con excepción de la var. *hirsutum*, donde se observaron macropelos unicelulares y multicelulares, en el resto de los taxa son exclusivamente unicelulares, con las paredes delgadas y el ápice puntiagudo (excepto en *P. polymorpha* donde son curvos, con paredes gruesas y el ápice es más agudo). Un detalle importante fue visto en *C. tamaulipense*, donde los macropelos son mucho más delgados con relación a los que se presentan en las otras especies (Fig. 9).

Células de corcho. Excepto en *C. brevifolium*, en todas las especies analizadas se observaron células de corcho. Éstas se presentan de manera solitaria y se caracterizan por ser más anchas o altas que largas, aplanadas, con paredes de bordes irregulares. La frecuencia de estas células es variable, pero por lo general son más abundantes hacia el ápice y márgenes de la lema. Columbus (1996)

interpreta estas células como cavidades producto del colapsamiento de las paredes celulares. Del total de taxa analizados, *C. varium* fue la especie que presentó la mayor cantidad de células de corcho (Fig. 10).

Células de sílice. No se observaron células de sílice en ninguna especie de *Cathestecum*. De los taxa afines, sólo en *B. dactyloides* pudieron verse claramente estos cuerpos, con forma de silla de montar (saddle shaped) y acompañados de papilas (Fig. 11).

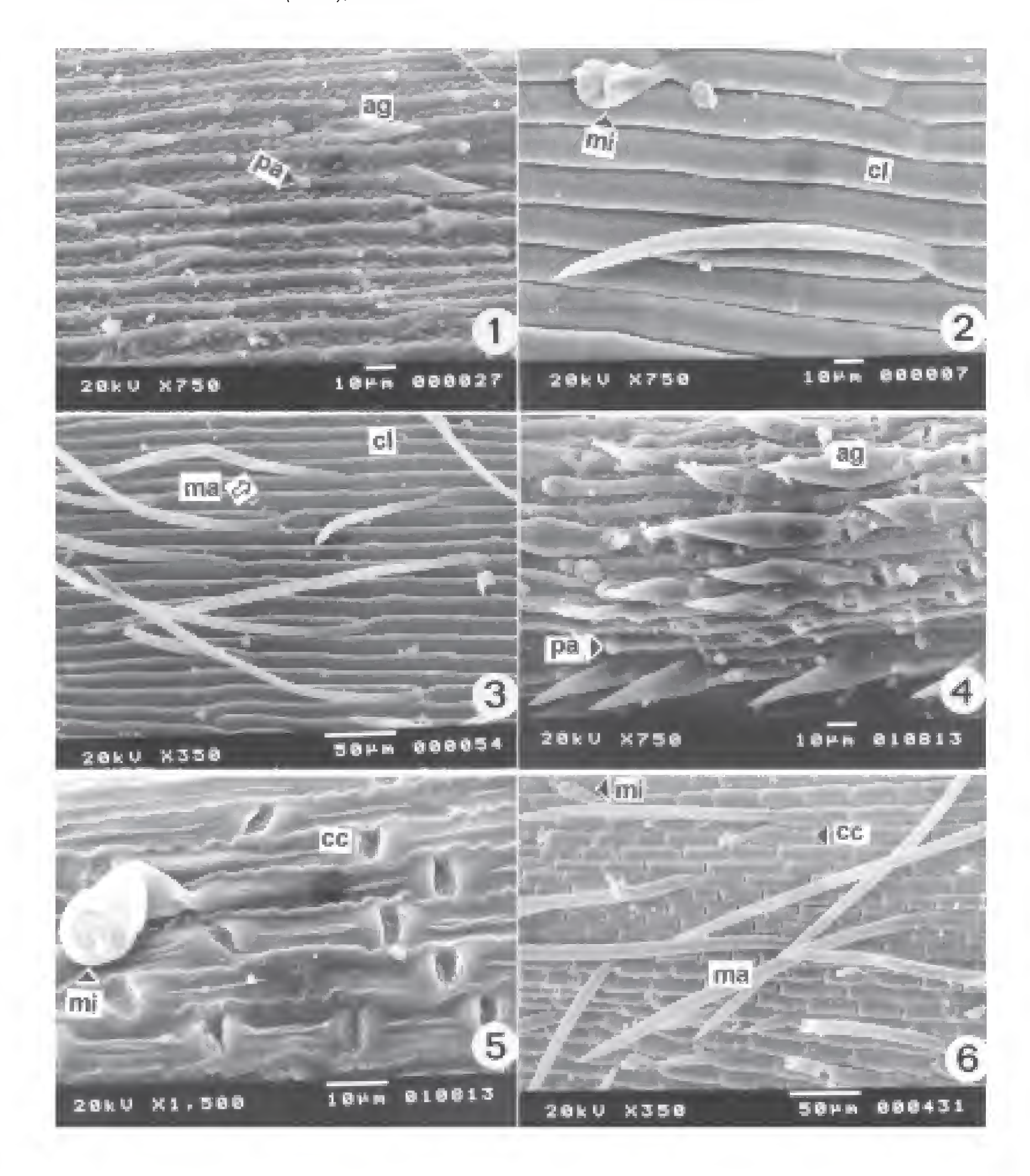
Células largas. En todos los casos analizados, excepto en *C. varium* que presentó una forma cuadrada, las células fueron rectangulares, es decir, más largas que anchas. La ondulación de las paredes fue variable, desde lisas en *C. prostratum* y en la var. *brevifolium*, ligeramente onduladas en *C. erectum* y *C. tamaulipense*, hasta moderadamente onduladas en *C. varium* y *C. brevifolium* var. *sonorense*. Paredes ligeramente onduladas se observaron en las especies afines, destacando las de *B. eludens* por ser ligeramente elevadas (Fig. 15).

CONCLUSIONES

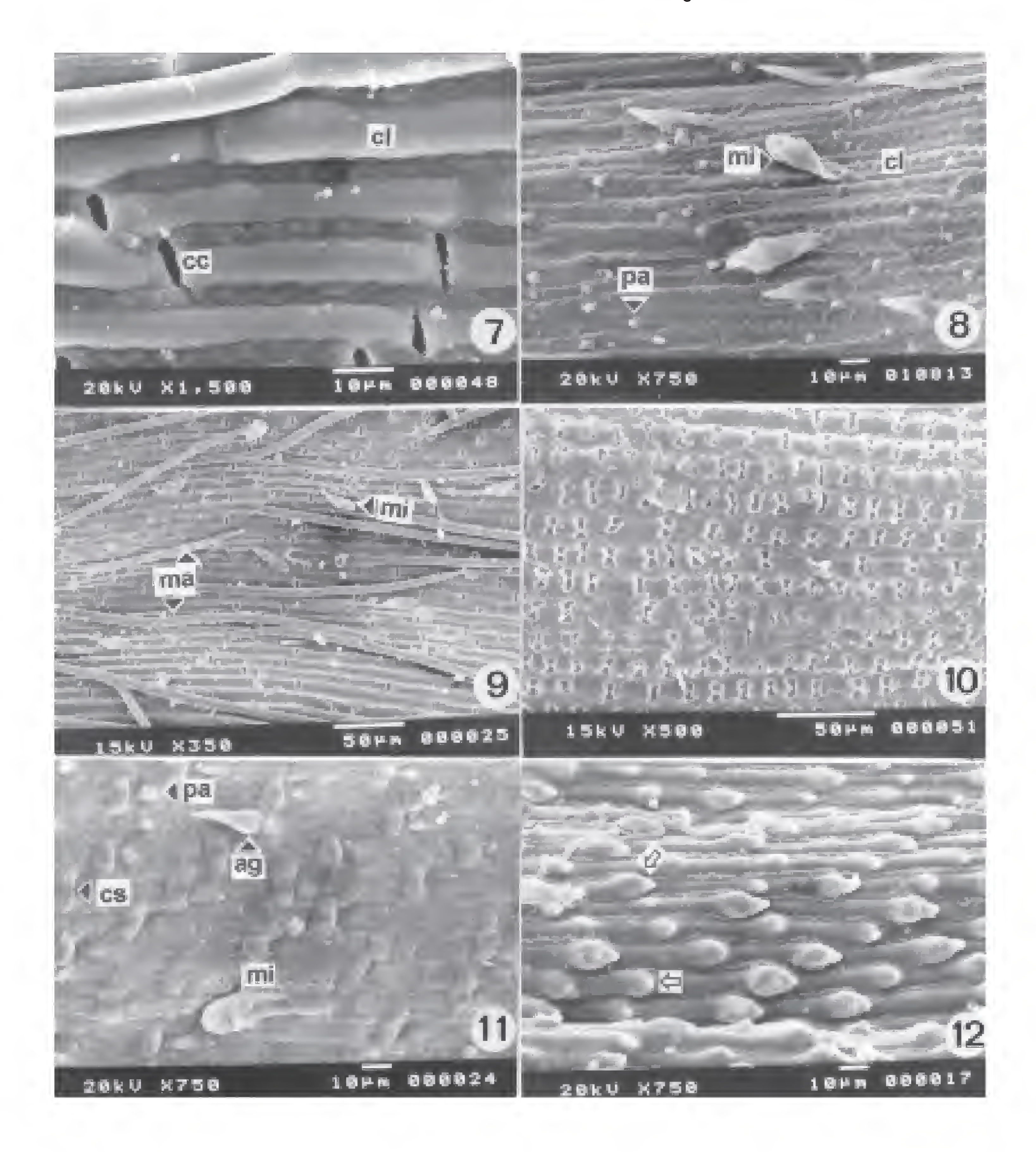
Las características micromorfológicas examinadas y descritas del género *Cathestecum*, sugieren de manera general, que algunos de los rasgos anatómicos de la lema presentan poca variación entre las especies, especialmente los relacionados con las formas observadas en las diferentes estructuras. Sin embargo, resaltan características como las células largas intercostales cuadradas en *C. varium*, ausencia de papilas en *C. prostratum* y *C. varium*, papilas formando hileras horizontales en *C. erectum* y la distribución irregular de las papilas junto a macropelos más delgados en *C. tamaulipense*.

Con relación a *C. brevifolium*, un carácter distintivo observado fue la ausencia de células de corcho. De igual manera, se pueden apreciar rasgos que permiten distinguir las variedades, como son, la presencia de aguijones y papilas en la var. *sonorense*, la abundancia de macropelos bicelulares o multicelulares en la var. *hirsutum*, macropelos escasos en la var. *brevifolium* y zonas con ausencia de aguijones en la var. *ramosum*.

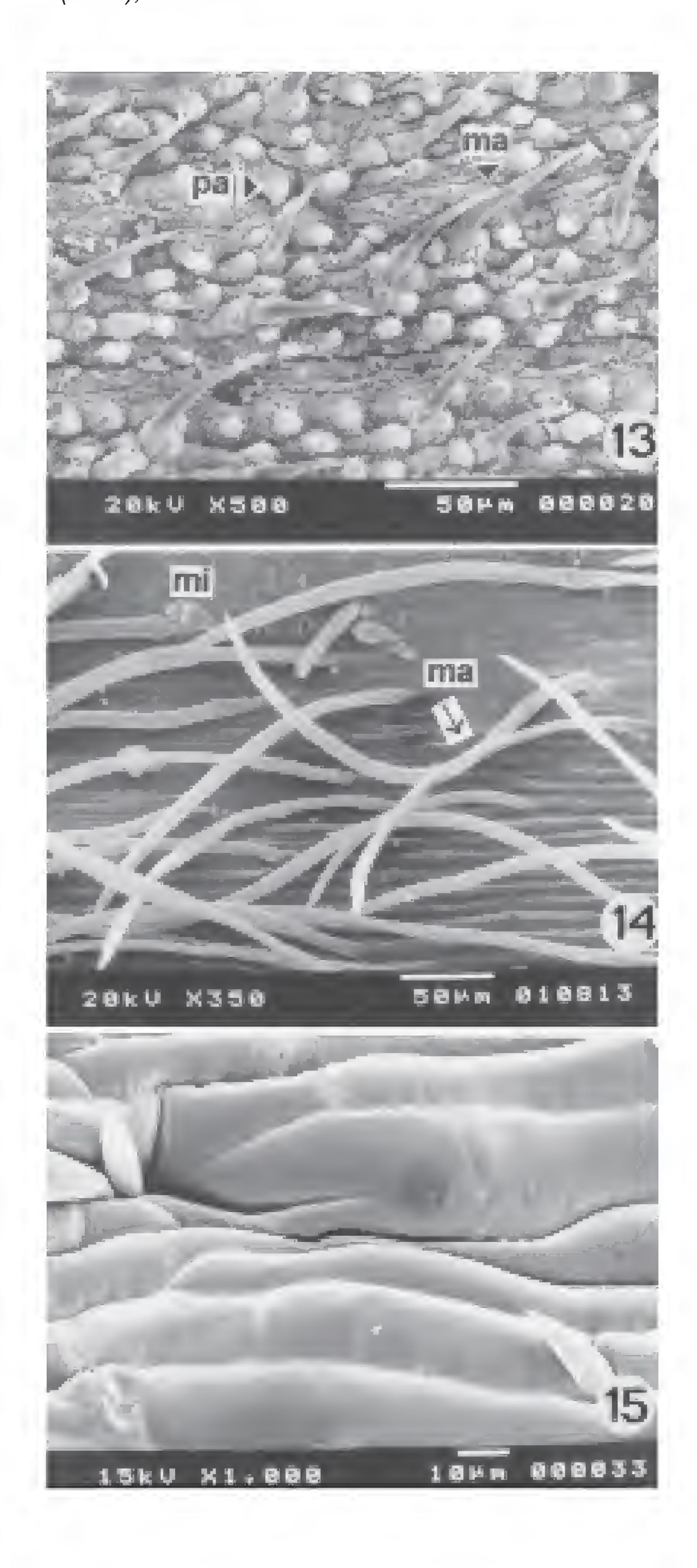
Por otro lado, características como las células de sílice (observadas sólo en *Buchloë dactyloides*), papilas de dos formas diferentes (*Soderstromia mexicana*) y de mayor tamaño (*Pentarrhaphis polymorpha*, *B. dactyloides*), macropelos curvos y de paredes gruesas (*P. polymorpha*) y paredes de células largas ligeramente levantadas (*Bouteloua eludens*), son de significancia taxonómica para separar estos taxa dentro de la subtribu Boutelouinae.



Figs. 1-6. Características micromorfológicas de la lema en *Cathestecum*: 1) *C. brevifolium* var. *sonorense*: papilas circulares y aguijones; 2) *C. brevifolium* var. *brevifolium*: paredes de células largas lisas y micropelo claviforme; 3) *C. brevifolium* var. *hirsutum*: abundantes macropelos; 4) *C. erectum*: papilas circulares y aguijones en hileras; 5) *C. erectum*: células de corcho y micropelo claviforme; 6) *C. prostratum*: células de corcho, macropelos y aguijones. Abreviaturas: papilas (pa); aguijones (ag); macropelos (ma); micropelos (mi); células de corcho (cc); células largas (cl).



Figs. 7-12. Características micromorfológicas de la lema en *Cathestecum* y taxa afines: 7) *C. prostratum*: células de corcho altas y células largas; 8) *C. tamaulipense*: células largas con paredes medianamente onduladas, micropelos y papilas circulares; 9) *C. tamaulipense*: abundantes macropelos delgados y micropelos; 10) *C. varium*: abundantes células de corcho; 11) *Buchloë dactyloides*: cuerpos de sílice, papilas circulares, aguijones y micropelos; 12) *Soderstromia mexicana*: dos tipos de papilas. Abreviaturas: ver leyenda de las Figs. 1-6.



Figs. 13-15. Características micromorfológicas de la lema en *Cathestecum* y taxa afines: 13) *Pentarraphis polymorpha*: abundantes macropelos y papilas circulares; 14) *C. erectum* abundantes macropelos unicelulares; 15) *Bouteloua eludens*: células largas ligeramente levantadas. Abreviaturas: ver leyenda de las Figs. 1-6.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la M. en C. Silvia Espinosa del Laboratorio de Microscopía Electrónica de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, por su asistencia técnica y sus valiosas sugerencias en la toma de las fotografías.

LITERATURA CITADA

Anónimo. 1962. II. Terminology of simple symmetrical plane shapes. Taxon 11: 145-156.

Beal, W. J. 1896. Grasses of North America. Vol II. The grasses classified, described. Henry Holt & Co. Nueva York. 706 pp.

Clayton, W. D. y S. A. Renvoize. 1986. Genera graminum: Grasses of the world. Kew Bull. Add. Ser. XIII. 389 pp.

Columbus, J. T. 1996. Lemma micromorphology, leaf blade anatomy and phylogenetics of *Bouteloua*, *Hilaria* and relatives (Gramineae: Chloridoideae: Boutelouinae). Ph. D. Dissertation. University of California. Berkeley. 258 pp.

Columbus, J. T. 1999. An expanded circumscription of *Bouteloua* (Gramineae: Chloridoideae). Aliso 18(1): 61-65.

Columbus, J. T., M. S. Kinney, R. Pant & M. E. Siqueiros. 1998. Cladistics parsimony analysis of internal transcriber spacer region (nr DNA) sequences of *Bouteloua* and relatives (Gramineae). Aliso 17(2): 99-130.

Ellis, R. P. 1976. A procedure for standardizing comparative leaf anatomy in the Poaceae. I. The leaf blade as viewed in the transverse section. Bothalia 12(1): 65-109.

Ellis, R. P. 1979. A procedure for standardizing comparative leaf anatomy in the Poaceae. II. The epidermis as seen in surface view. Bothalia 12(4): 641-671.

Griffiths, D. 1912. The gramma grasses: *Bouteloua* and related genera. Contr. U. S. Natl. Herb. 14: 343-428.

Hitchcock, A. S. 1913. Mexican grasses in the United States National Herbarium. Contr. U. S. Natl. Herb. 17(3): 181-389.

Hitchcock, A. S. 1950. Manual of the grasses of the United States. Ed. 2. U. S. Dept. Agric. Misc. Pub. 200: 1-1051.

Holmgren, P. K., N. H. Holmgren y L. C. Barnett (eds.). 1990. Index Herbariorum, I. 8a. ed. New York Botanical Garden. Bronx, Nueva York. 692 pp.

Palmer, P. G. y E. Tucker. 1981. A scanning electron microscope survey of the epidermis of East African grasses. I. Smithsonian Contr. Bot. 49: 1-84.

Peterson, P. M. 1989. Lemma micromorphology in the annual *Muhlenbergia* (Poaceae). Southw. Naturalist 34(1): 61-71.

Pierce, G. J. 1978. *Griffithsochloa*, a new genus segregated from *Cathestecum* (Gramineae). Bull. Torrey Bot. Club 105:134-138.

Pierce, G. J. 1979. A biosystematic study of *Cathestecum* and *Griffithsochloa* (Gramineae). Ph. D. Diss. University of Wyoming. Laramie. 244 pp.

Pohl, R. W. 1994. *Cathestecum*. In: Davidse, G., M. Sousa y A. Chater (eds.). Flora Mesoamericana. Vol. 6. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. pp. 296.

Reeder, J. R. 1969. Las gramíneas dioicas de México. Bol. Soc. Bot. México. 30: 121-126.

Reeder, J. R. y C. G. Reeder. 1963. Notes on Mexican grasses. II. *Cyclostachya* a new dioecious genus. Bull. Torrey Bot. Club 90: 193-201.

Reeder, J. R. y C. G. Reeder. 1966. Notes on Mexican grasses. IV. Dioecy in *Bouteloua chondrosoides*. Brittonia 18: 188-191.

Reeder, J. R. y C. G. Reeder y J. Rzedowski. 1965. Notes on Mexican grasses. III. *Buchlominus*: another dioecious genus. Brittonia 17: 26-33.

Rzedowski, J. 1975. An ecological and phytogeographical analysis of the grasslands of Mexico. Taxon 24: 67-80.

Snow, N. 1996. The phylogenetic utility of lemmatal micromorphology in *Leptochloa* s. l. and related genera in subtribe Eleusininae (Poaceae, Chloridoideae, Eragrostideae). Ann. Missouri Bot. Gard. 83: 504-529.

Swallen, J. R. 1937. The grass genus *Cathestecum*. J. Wash. Acad. Sci. 27: 495-501.

Terrell, E. E. y W. P. Wergin. 1981. Epidermal features and silica deposition in lemmas and awns of *Zizania* (Gramineae). Amer. J. Bot. 68: 697-707.

Terrell, E. E., W. P. Wergin y S. A. Renvoize. 1983. Epidermal features of spikelets in *Leersia* (Poaceae). Bull. Torrey Bot. Club 110: 423-434.

Vasey, G. 1884. A new species of grass. Bull. Torrey Bot. Club 11: 37-38.

Valdés, J. y P. Dávila. 1995. Clasificación de los géneros de gramíneas (Poaceae) mexicanas. Acta Bot. Mex. 33: 37-50.

Valdés, J. y S. L. Hatch. 1991. Lemma micromorphology in the Eragrostideae (Poaceae). Sida 14(4): 531-549.

Watson, L. y M. J. Dallwitz. 1992. The grass genera of the world. Center for Agriculture and Biosciences. Wallingford. Reino Unido. 1038 pp.

Zuloaga, F. O. y T. Sendulsky. 1988. A revision of *Panicum* subgenus *Phanophyrum* section *Stolonifera* (Poaceae: Paniceae). Ann. Missouri Bot. Gard. 75: 420-455.

Recibido en julio de 2001.

Aceptado en agosto de 2003.

Apéndice 1. Lista de especímenes utilizados en las observaciones micromorfológicas de la lema (abreviaturas según Holmgren et al., 1990)

Bouteloua eludens Griffiths

MÉXICO, **Sonora**: carretera Imuris - Cananea, km 109, al NW de Cananea, rancho El Jumate, 31°00' lat. N, 110°30' long. W, 1200 m s.n.m., *Pacheco y Zambrano 2560* (HERZU, IZTA, MEXU); carretera Cananea - Agua Prieta, aprox. 27 km al NE de Cananea, 31°05' lat. N, 110°03' long. W, 1400 m s.n.m., *Pacheco y Zambrano 2561* (HERZU, IZTA, MEXU); ca. 41 km S of the International border at Nogales along Mexican Hwy 15, 1 036 m s.n.m., *Reeder y Felger 8127* (CHAPA).

Buchloë dactyloides (Nutt.) Engelm.

MÉXICO, **Guanajuato**: rancho La Mojada, 2 km de la comunidad de San José de Jofre, 2000 m s.n.m., *González, s/n* (XAL). **México**: mpio. Zempoala, Tepeyahualco, 2400 m s.n.m, *Hernández 3267* (CHAPA). **San Luis Potosí**: carretera RíoVerde - Cd. Valles, 6 km al NE de Río Verde, 21°54' lat. N, 99°55' long. W, 950 m s.n.m., *Pacheco y Zambrano 2551* (HERZU, IZTA, MEXU).

Cathestecum brevifolium Swallen var. *brevifolium*

MÉXICO, **Guanajuato**: carretera Irapuato - Silao, 19 km al N de Irapuato, 20°51' lat. N, 101°18.336' long. W, 1790 m s.n.m., *Pacheco y Zambrano 2527, 2528* (HERZU, IZTA, MEXU). **San Luis Potosí**: carretera San Luis Potosí - Río Verde (Méx. 70), 45 km al W de Río Verde, 1 km a la entrada de San Juan Canoa, 22°01.090' lat. N, 100°21' long. W, 1160 m s.n.m., *Pacheco y Zambrano 2550* (HERZU, IZTA, MEXU). **Zacatecas**: carretera Guadalajara - Zacatecas (Méx. 54), km 81, al S de Moyagua, poblado El Limón, 1400 m s.n.m., 21°06' lat. N, 103°09' long. W, *Pacheco y Zambrano 2573* (HERZU, IZTA, MEXU).

Comentario: Esta variedad es la que presenta el intervalo de distribución más amplio para el género. En México se registra para los estados de Aguascalientes, Colima, Puebla, Guanajuato, Jalisco, Morelos, Nayarit, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora y Zacatecas. Probablemente se extienda hacia el sur de Estados Unidos (Columbus, com. pers.), pero tal hecho no ha sido confirmado.

var. *hirsutum* G. J. Pierce, inéd.

EL SALVADOR, mpio. **Depto. de La Unión:** El Carmen, 15-18 km al E de San Miguel, carretera San Miguel - La Unión, *Linares y Herrera 4592* (HERZU). MÉXICO, **Oaxaca**: carretera Oaxaca - Tehuantepec (Méx. 190), 81 km de Oaxaca, vía Tehuantepec, 4.5 km de Totolapan, 16°42' lat. N, 96°19' long. W, 1000 m s.n.m., *Pacheco y Zambrano 2591* (HERZU, IZTA, MEXU); carretera Tehuantepec - Oaxaca, km 204, 16°24' lat. N, 95°35' long. W, 100 m s.n.m., *Pacheco y Zambrano 2592* (HERZU, IZTA, MEXU).

Comentario: El centro de diversidad para este taxon se encuentra en el estado de Oaxaca, en particular entre la capital del estado y Tehuantepec. En Chiapas se registra de Tuxtla Gutiérrez, aunque no es abundante. La variedad marca el límite sur para el género, localizado en El Salvador, Centroamérica.

var. *ramosum* G. J. Pierce, inéd.

MÉXICO, **Michoacán**: carretera Apatzingán - Tepalcatepec, km 209, aprox. 6 km de Apatzingán, 1 km antes del Puente Las Majadas, 19°07' lat. N, 102°24' long. W, 360 m s.n.m., *Pacheco y Zambrano 2523* (HERZU, IZTA, MEXU); carretera (terracería) Apatzingán - Acahuato, aprox. 2 km de Apatzingán, al pie de Cerro El Húngaro, 19°07' lat. N, 102°21' long. W, 540 m s.n.m., *Pacheco y Zambrano 2525* (HERZU, IZTA, MEXU).

Comentario: Esta variedad sólo ha sido registrada de los alrededores de Apatzingán, en el estado de Michoacán, México y en algunos puntos del trayecto comprendido entre la mencionada localidad y Tepalcatepec, del mismo estado.

var. *sonorense* G. J. Pierce, inéd.

MÉXICO, **Sonora**: carretera Guaymas - Hermosillo, 7 km al N de Guaymas, km 155, 28°11' lat. N, 110°59' long. W, 100 m s.n.m., *Pacheco y Zambrano 2563* (HERZU, IZTA, MEXU); 400 km del desvío hacia Carbó, carretera hacia Santa Ana, km 69 desde Hermosillo (Méx 15), 29°41' lat. N, 111°02' long. W, 520 m s.n.m., *Pacheco y Zambrano 2554* (HERZU, IZTA, MEXU); carretera a la Bahía de San Carlos, 27°58' lat. N, 110°59' long. W, 20 m s.n.m., *Pacheco y Zambrano 2564* (HERZU, IZTA, MEXU).

Comentario: La var. *sonorense* marca el límite norte para el género *Cathestecum* en México, en Magdalena de Kino, Sonora. El límite sur se encuentra en el estado de Sonora.

Cathestecum erectum Vasey & Hack.

ESTADOS UNIDOS: **Texas**: Presidio, 15-20 mi S of Redford, Bofecillas Mts., *Correll y Johnston 24437* (TEX); Chisos Mt area, Brewster Co, *Warnock 1038* (TEX). MÉXICO: **Coahuila**: 33.5 km S of Boquillas on the Muzquiz Hwy not far from the Santa Rosa turnoff, 28°57' lat. N, 102°48' long. W, 960 m, *Chiang y Wendt 9237* (MEXU).

Comentario: El principal centro de diversidad para esta especie es el suroeste de Texas, Estados Unidos, en la región conocida como Big Bend. Para México se registra también de Ojinaga, Chihuahua, en los límites con Presidio.

Cathestecum prostratum J. Presl

MÉXICO: **Guerrero**: carretera Puente Ixtla - Grutas, 4 km del entronque a Amacuzac ó 4 km al N de Michapa, 18°38' lat. N, 99°23' long. W, 1040 m s.n.m., *Pacheco y Zambrano 2531* (HERZU, IZTA, MEXU); carretera Iguala - Chilpancingo,

entrada a Zacacoyuya, 18°15' lat. N, 99°31' long. W, 854 m s.n.m., *Pacheco y Zambrano 2538* (HERZU, IZTA, MEXU); carretera hacia Xochipala, a 9.5 km del entronque carretera Chilpancingo - Iguala, 4 km de la estación de microondas de Xochipala (N de Xochipala), 17°47' lat. N, 99°36' long. W, 1100 m s.n.m., *Pacheco y Zambrano 2540* (HERZU, IZTA, MEXU). **Michoacán**: carretera Cuatro Caminos - La Huacana, a 300 m del Puente El Naranjo, 13 km del entronque La Huacana - Nueva Italia, 18°54.731' lat. N, 102°02' long. W, 300 m s.n.m., *Pacheco y Zambrano 2526* (HERZU, IZTA, MEXU). **Oaxaca**: 5 km al S de Huajuapan de León, vía Oaxaca, 17°46' lat. N, 97°45' long. W, 1 520 m s.n.m., *Pacheco y Zambrano 2584* (HERZU, IZTA, MEXU).

Comentario: Esta especie tiene su centro de diversidad en México, en los estados de Guerrero, Morelos, Michoacán, Oaxaca y Puebla. Es muy abundante en la cuenca del río Balsas.

Cathestecum tamaulipense G. J. Pierce, inéd.

MÉXICO: **Tamaulipas**: carretera Santander Jiménez - San Fernando, 15 km al N de Santander Jiménez, aprox. 200 m de la entrada al Ejido El Encinal, 24°23' lat. N, 98°23' long. W, 150 m s.n.m., *Pacheco y Zambrano 2552* (HERZU, IZTA, MEXU); Santander Jiménez, Aldama cenotes, *Valdés 2402* (ANSM).

Comentario: Fue propuesta por Pierce (1979) como una nueva especie dentro del género, sin embargo, su descripción no ha sido publicada. Se distribuye sólo en la localidad de Santander Jiménez, hacia el noreste de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

Cathestecum varium Swallen

MÉXICO: **Oaxaca**: carretera Huajuapan de León - Tehuacán, km 71, 1 km de Huapanapan, 18°07' lat. N, 97°40' long. W, 1620 m s.n.m., *Pacheco y Zambrano 2585, 2586* (HERZU, IZTA, MEXU); carretera Huajuapan de León - Tehuacán, km 65, SW de Tehuacán, 18°10' lat. N, 97°40' long. W, 1570 m s.n.m., *Pacheco y Zambrano 2588* (HERZU, IZTA, MEXU). **Puebla:** 5 km al NW de Ajalpan, 1300 m s.n.m., *Medrano 1445* (COCA).

Comentario: Esta especie se conoce sólo del Valle de Tehuacán, y de áreas vecinas del estado de Oaxaca. Es más abundante hacia el suroeste de Tehuacán, tomando como referencia la carretera Huajuapan de León - Tehuacán.

Griffithsochloa multifida (Griffiths) G. J. Pierce

MÉXICO: **Chihuahua**: mpio. Bocoyna, San Juanito, *Estrada s/n* (ANSM). **Guerrero**: carretera hacia Taxco, 20 km al NE de Taxco, entrada a Papala, 18°36' lat. N, 99°32' long. W, 1520 m s.n.m., *Pacheco y Zambrano 2533* (HERZU, IZTA, MEXU). **Oaxaca**: Autopista Nochixtlán - Oaxaca, aprox. 3 km del desvío a Nochixtlán, 17°24' lat. N, 97°09' long. W, 1840 m s.n.m., *Pacheco y Zambrano 2590* (HERZU, IZTA, MEXU).

Pentarrhaphis polymorpha (E. Fourn.) Griffiths

MÉXICO, **México**: Cerro de la Cruz, 5 km al NW de Tepotzotlán, 2400 m s.n.m., *Rzedowski 31963* (ENCB). **Querétaro**: carretera Amealco - San Juan del Río, aprox. 5 km al SE de Amealco rumbo a San Juan del Río, 20°13' lat. N, 100°05' long. W, 2320 m s.n.m., *Pacheco y Zambrano 2547* (HERZU, IZTA, MEXU).

Soderstromia mexicana C. V. Morton

MÉXICO, **Guerrero**: carretera Puerto Marqués - San Marcos (Méx. 200), a 13 km de San Marcos, dirección NW o 4 km del Puente La Estancia, 16°46' lat. N, 99°29' long. W, 90 m s.n.m., *Pacheco y Zambrano 2541* (HERZU, IZTA, MEXU); carretera San Marcos - Cruz Grande, a 3 km al NW de Cruz Grande, entronque para Tierra Colorada, 16°43' lat. N, 99°08' long. W, 70 m s.n.m., *Pacheco y Zambrano 2542* (HERZU, IZTA, MEXU).

Apéndice 2. Formato utilizado para examinar y describir la epidermis de la lema en *Cathestecum* y taxa afines.

Células largas intercostales

1) Forma de las células: rectangulares (1); cuadradas (2).
2) Ondulaciones en las paredes: paredes lisas, no onduladas (1); ligeramente onduladas (2); moderadamente onduladas (3); fuertemente onduladas (4).

Papilas

3) Papilas: ausentes o no observadas (1); presentes (2).
4) Forma de las papilas: ausentes (1); circulares o redondeadas (2); otra forma (3).
5) Distribución de las papilas en zona intercostal: ausentes (1); mayor de 50%, con relación a células largas intercostales (2); menor de 50% (3); dorsales en las células largas (4).
6) Número de papilas por célula larga intercostal: ninguna (1); una papila (2); más de una (3).
7) Posición de papilas: ninguna (1); central (2); distal (3).
8) Arreglo de papilas: ninguna (1); en una hilera horizontal (2); en dos o más hileras horizontales (3); irregular (4).

Aguijones

9) Aguijones: ausentes o no observados (1); presentes (2).
10) Base del aguijón: ninguna (1); elíptica (2); redondeada (3).
11) Número de aguijones por célula larga: ninguno (1); un aguijón por célula (2); más de un aguijón por célula (3); irregular, con zonas sin aguijones (4).
12) Arreglo de aguijones: ninguno (1); en una hilera simple (2); más de dos hileras (3); irregular (4).

Micropelos

13) Micropelos: ausentes o no observados (1); presentes (2).
14) No. de células en los micropelos: ninguna (1); bicelular (2).
15) Longitud de célula basal versus célula distal: ninguna (1); iguales (2); la basal más corta que la distal (3); la basal más larga que la distal (4).
16) Forma de célula basal versus célula distal: ninguna (1); ambas con la misma forma (2); la basal menos inflada que la distal (claviforme) (3); la basal más inflada que la distal (4).
17) Forma de célula distal: ninguno (1); ancho y largo iguales (2); largo menor que ancho (3); largo mayor que ancho (4).
18) Ápice de célula distal: ninguno (1); redondeado (2); puntiagudo (3).
19) Forma de la base: ninguna (1); estrecha (2); expandida (3).
20) Emergencia de la base: ninguna (1); formando ángulo con relación a la célula corta (2); en forma recta (3).

Macropelos

21) Macropelos: ausentes o no observados (1); presentes (2).
22) No. de células de los macropelos: ninguna (1); una (2); dos (3); más de dos (4).
23) Paredes de los macropelos: gruesas (1); delgadas (2).
24) Abundancia de macropelos (visibles en campo de observación 100x o 1 mm): ninguna (1); abundantes (más de 10 macropelos visibles) (2); frecuentes (entre 3-10) (3); escasos (entre 1-2) (4); irregulares (partes sin macropelos) (5).

Células de corcho y sílice

25) Células de corcho: ausentes (1); presentes (2).
26) Cuerpos de sílice: ausentes (1); presentes (2).
27) Forma de las células de corcho: ausentes (1); más altas que largas (1); más largas que altas (2); tan altas como largas (3).
28) Forma de las células de sílice: ausentes (1); con forma de silla de montar (2).

Apéndice 3. Presencia (+) o ausencia (-) de características epidérmicas de la lema de *Cathestecum* y taxa afines. Abreviaturas: *C. brevifolium* (var. *brevifolium* = CBr-br; var. *hirsutum* = CBR-hi; var. *ramosum* = CBR-ra; var. *sonorense* = CBR-so); *C. erectum* = CER; *C. prostratum* = CPR; *C. tamaulipense* = CTA; *C. varium* = CVA; *Bouteloua eludens* = BOU; *Buchloë dactyloides* = BUC; *Griffithsochloa multifida* = GRIF; *Pentarrhaphis polymorpha* = PEN y *Soderstromia mexicana* = SOD.

Taxa	Carácter					
	papilas	aguijones	macropelos	micropelos	células de corcho	células de sílice
CBr-br	-	-	+	+	-	-
CBr-hi	-	-	+	-	-	-
CBr-ra	-	-	+	-	-	-
CBr-so	+	+	-	-	-	-
CER	+	+	+	+	+	-
CPR	-	+	+	+	+	-
CTA	+	+	+	+	+	-
CVA	-	-	-	+	+	-
BOU	-	+	+	+	+	-
BUC	+	+	-	+	+	+
GRIF	-	+	+	+	+	-
PEN	+	+	+	+	+	-
SOD	+	-	-	+	+	-

Acta Botanica Mexicana (2003), 65: 31-44

NOTAS SOBRE NEÓFITAS 3. DISTRIBUCIÓN DE ALGUNAS BRASSICACEAE DE RECIENTE INTRODUCCIÓN EN EL CENTRO DE MÉXICO

Heike Vibrans
Programa de Botánica, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas
56230 Montecillo, Estado de México, México
heike@colpos.mx

RESUMEN

Se presenta información adicional sobre la distribución de varias especies exóticas de Brassicaceae de reciente introducción en el centro de México. Se registran tres poblaciones de *Thlaspi arvense* L. y de *Sinapis alba* L. Las especies *Diplotaxis muralis* (L.) DC., *Hirschfeldia incana* (L.) Lagrèze-Fossat y *Brassica tournefortii* Gouan, conocidas previamente del norte de México, ahora están naturalizadas y al parecer en expansión en varias localidades en el centro del país. *Rapistrum rugosum* (L.) All., *Cardamine hirsuta* L., *Lepidium latifolium* L. y *Lepidium draba* L. (= *Cardaria draba* (L.) Desv.) están extendiéndose en el Valle de México y algunas regiones vecinas.

Palabras clave: control fitosanitario, Cruciferae, migración, plantas exóticas, plantas invasoras.

ABSTRACT

Additional information is presented on the distribution of various exotic species of Brassicaceae, introduced recently to central Mexico. Three populations of *Thlaspi arvense* L. and *Sinapis alba* L. are reported. The species *Diplotaxis muralis* (L.) DC., *Hirschfeldia incana* (L.) Lagrèze-Fossat and *Brassica tournefortii* Gouan, known previously from northern Mexico, are now naturalized at various localities in the central part of the country. *Rapistrum rugosum* (L.) All., *Cardamine hirsuta* L., *Lepidium latifolium* L. and *Lepidium draba* L. (= *Cardaria draba* (L.) Desv.) are expanding in the Valley of Mexico and some neighboring regions.

Key words: Cruciferae, exotic plants, invasive plants, migration, phytosanitary controll.

En México, 10-15 % de todas las especies de plantas con flor están adaptadas a ambientes intensamente perturbados por el ser humano y corresponden a las comúnmente llamadas malezas. A nivel mundial, los cerca de 2300 taxa enlistados por Villaseñor y Espinosa (1998) representan un número elevado de estos componentes de la flora de un solo país, formando parte integral de la alta biodiversidad del mismo.

Las malezas son el grupo de plantas que participa más en el intercambio global que se inició con las primeras migraciones del ser humano, y su cantidad aumenta a la par con el intercambio cada vez más intenso de personas y bienes. En México, se puede observar un incremento en las nuevas introducciones originadas por el comercio adicional con el exterior, tanto por vías accidentales como intencionales. En un trabajo reciente sobre la flora ruderal de la Ciudad de México, Vibrans (1998a) señala que 10% de las especies registradas no se conocía de la región con anterioridad, a pesar de ser una de las áreas mejor exploradas del país.

Muchas de estas plantas desplazadas son poco más que una adición a la flora ya existente y no causan perjuicios, pero también existen especies que repentinamente tienen un auge inesperado en un nuevo ambiente, pues con frecuencia quedan liberadas de enemigos, plagas y enfermedades que han coevolucionado con ellas en su región de origen (Mitchell y Power, 2003). Estas plantas exitosas, llamadas invasoras, pueden causar:

- daños económicos millonarios, por requerir medidas nuevas o adicionales de combate en campos de cultivos u otros ambientes manejados;
- daños ecológicos, al invadir áreas naturales, competir con plantas nativas o cambiar, por ejemplo, ciclos de fuego; y también,
- daños estéticos o éticos al fomentar la homogeneización de la flora mundial y la extinción de especies nativas.

Las plantas invasoras son un tema actual en la ecología científica contemporánea (ver p.ej. Elton, 1958; Mack, 1996; Lonsdale, 1999; Stohlgren et al., 1999; Pimentel et al., 2000; Kolar y Lodge, 2001; Anónimo, 2002) y de esfuerzos considerables de las autoridades fitosanitarias en muchos países.

En México existe la Norma Oficial que regula la calidad de semillas introducidas del extranjero y que contiene una lista de plantas cuyas diásporas no deben encontrarse en las importaciones (especies en cuarentena), pero todavía no se cuenta con un sistema de seguimiento o supervisión dentro del país. A falta de personal especializado para esta tarea, solamente quedan los pocos taxónomos y estudiosos de la flora del país para encontrar y registrar nuevos inmigrantes vegetales, y recomendar, en su caso, medidas de protección a las autoridades fitosanitarias, una solución no muy satisfactoria ni eficiente.

En los últimos años se ha encontrado una serie de plantas exóticas de la familia Brassicaceae nuevas para el centro de México o el país. Además se han hecho diversas observaciones sobre la presencia de otras no muy bien representadas en los herbarios. Una parte de esta información ya se ha mencionado en varias publicaciones (Vibrans, 1998a; Villaseñor y Espinosa, 1998; Rzedowski y Rzedowski, 2001), pero se considera útil dar a conocer más detalles sobre su distribución, así como algunos datos adicionales.

En el presente estudio la información sobre los nombres comunes, sinónimos y distribuciones actuales se obtuvo parcialmente de los siguientes sitios en internet: Base de datos Plants (http://plants.usda.gov/cgi_bin/topics.cgi), National Genetic Resources Program (http://www.ars-grin.gov), ambos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, y el Global Compendium of Weeds de Rod Randall, 2002 (http://www.hear.org/gcw/index.html).

El material revisado y mencionado a continuación se encuentra depositado en MEXU y CHAPA; juegos adicionales están por distribuirse.

Thlaspi arvense L.

Nombres en español: carraspique, talaspio, traspié (Guell, 1970).

Nombres en inglés: stinkweed, pennycress, fan-weed, bastard cress, french weed (Anónimo, 1971; Best y McIntyre, 1975).

Distribución original: Asia central. Es arqueófita (de migración realizada antes del viaje de Colón) en grandes extensiones de Europa y Asia (Hanf, 1984).

Distribución secundaria: Canadá, Estados Unidos incluyendo Alaska y Groenlandia (Anónimo, 1971; Best y McIntyre, 1975), Argentina (Marzocca, 1976) y otros países de Sudamérica, Australia y Nueva Zelanda.

La especie se encontró tres veces cerca de estaciones de ferrocarril entre 1995 y 1997. En el Valle de Toluca una población se muestreó a la altura del poblado Pilares y otra se observó en los alrededores del fraccionamiento Santa Elena, cerca de la estación Doña Rosa. Luego, en el año 2001, se volvió a recolectar en esta última localidad y además se halló un ejemplar solo cerca de Toluca. Adicionalmente se encontró en la parte oriental del Valle de México, cerca de la estación de ferrocarril Los Reyes La Paz. Las tres poblaciones eran pequeñas con no más de 20 individuos. La repetición del hallazgo en la estación Doña Rosa parece indicar que la especie puede establecerse en la región. En todos los casos las circunstancias sugieren que la planta puede formar semillas fértiles en el centro de México.

Thlaspi arvense es una hierba pequeña de hasta 30 cm, de vida corta, con una roseta basal, hojas semiamplexicaules en el tallo, flores blancas y una silicua circular de 1 a 1.5 cm de diámetro, aplanada y emarginada (Fig. 1). Tiene olor desagradable al estrujarse, semejante al de cebolla. Esta planta es glabra, mientras la parecida *Lepidium campestre* (L.) R. Brown es densamente vilosa. Puede crecer en una amplia gama de hábitats, pero generalmente se encuentra en lugares perturbados y húmedos. De acuerdo con la información extraída de la literatura (Best y McIntyre, 1975; Holzner, 1981), requiere de días largos para florecer, lo cual sería un factor restrictivo en el sur de México, pero este requerimiento no es absoluto. Hay ecotipos con floración temprana y tardía y es autocompatible. La germinación requiere luz y es promovida por temperaturas fluctuantes (10-25°C), pero también puede realizarse con temperaturas bajas. Las semillas almacenadas en seco pierden viabilidad después de dos años, pero pueden sobrevivir hasta 20 años en suelos no perturbados. En tierras cultivadas generalmente no sobreviven más de seis años. La planta se puede congelar y después reiniciar su crecimiento. Las semillas pueden dispersarse por el agua y por humanos. La especie es huésped de una serie de enfermedades de las Brassicaceae. Se considera un indicador de suelos francos y fértiles.

Las semillas de *Thlaspi arvense*, al ser mezcladas con forrajes como alfalfa, pueden impartir un sabor desagradable a la leche y conllevar a serias enfermedades en animales y humanos; las hojas pueden consumirse en cantidades moderadas.

Material revisado: **Estado de México**: vías del ferrocarril, cerca de la estación Los Reyes la Paz, 19°21' N, 98°57' W, 2250 m s.n.m., octubre de 1995, *H. Vibrans s/n*; cerca de la vía del ferrocarril de la línea México - Morelia en el Valle de Toluca, entre Lerma y Toluca a la altura de Pilares, alrededor de 20 ejemplares, 19°17' N, 99°33' W, 2580 m s.n.m., 12.VI.1997, *H. Vibrans 6508*; vías del ferrocarril México - Morelia, entre Lerma y Metepec, a la altura de Sta. Elena, cerca de la estación Doña Rosa y la empresa Bayer, 19°17'08.2" N, 99°32'25.2" W, 2595 m s.n.m., 10.VI.2001, *H. Vibrans 7297*; vías del ferrocarril México - Toluca, cerca de la entrada a Toluca, a la altura del Hotel del Rey, 19°17'16.1" N, 99°37'32.0" W, 2600 m s.n.m., 2.X.2001, *H. Vibrans 7531*.

Recomendación: *Thlaspi arvense* está incluida en la Norma Oficial Mexicana respectiva como especie en cuarentena. Es probable que sea capaz de establecerse en los valles altos del centro de México, especialmente si se permite que una población inicial se adapte durante un tiempo. No se considera una maleza invasora en el sentido de que desplace a otra comunidad vegetal, pero sí puede causar daño sustancial en la agricultura intensiva.

Diplotaxis muralis (L.) DC.

Sinónimos: *Brassica muralis* Boiss., *Sinapis muralis* R. Brown, *Crucifera diplotaxis* E. H. L. Krause

Nombres en español: jaramago común.

Nombres en inglés: sand rocket, stinking wall rocket, annual wallrocket, stinkweed, wallmustard.

Distribución original: Europa (Rollins, 1981), probablemente en la región mediterránea (Schulze-Motel, 1986).

Distribución secundaria: ampliamente esparcida en Canadá, Estados Unidos y México, especialmente en áreas con riego (Rollins, 1981), Argentina (Marzocca, 1976) y Chile, Irán, Sudáfrica y Nueva Zelanda.

La especie es bien conocida en el norte de México (Baja California, Coahuila y Nuevo León).

La población principal se encontró en un cementerio, el Panteón Francés, cerca del centro del Distrito Federal, en 1994, conformada por miles de individuos creciendo entre las tumbas como ruderal. Se volvió a encontrar en 1997 y 1999. Por lo menos en este lugar, la especie parece naturalizada.

Otros ejemplares fueron vistos, pero no colectados, alrededor de árboles en la Ciudad Universitaria en el sur de la Ciudad de México, y en un cultivo de maíz cerca de Amozoc, estado de Puebla. Recientemente se encontró una población considerable en el estacionamiento de un centro comercial en el noroeste del Valle de México, cerca de Tepotzotlán (Fig. 2a).

Diplotaxis muralis es una crucífera relativamente pequeña, con flores amarillas. La mayoría de las hojas oblanceoladas y lobadas se concentran cerca de la base (Fig. 2b). Las silicuas son sésiles y tienen un pico largo e indehiscente. Los pétalos tienen 5-8 mm de longitud, los frutos miden 2.0 a 2.5 cm de largo y 2 mm de ancho. Es una planta anual o bianual, en contraste con *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC., la cual es perenne (y a veces un poco leñosa en la base). Hay indicios de que se trata de un taxon alopoliploide originado a partir de *D. tenuifolia* y *D. viminea* (Sánchez-Yelamo, 1991).

No existe mucha información ecológica sobre la especie que pueda ayudar a evaluar su potencial invasor. Crece en suelos fértiles, alcalinos y ligeros (Marzocca, 1976; Schulze-Motel, 1986).

Material revisado: **Distrito Federal**: Delegación Miguel Hidalgo, Panteón Francés, cerca de la Calzada Legaria, 19°26' N, 99°12' W, 2260 m s.n.m., 16.I.1994, *H. Vibrans 4695*; mismo lugar. 28.X.1997, *H. Vibrans 6541*. **Estado de México**: municipio Tepotzotlán, estacionamiento de la Bodega Aurrerá cerca de la caseta de cobro Tepotzotlán, autopista México - Querétaro, 19°41'49.1" N, 99°12'09.5" W, 2260 m s.n.m., 3.VIII.2001, *H. Vibrans 7455*.

Recomendación: La especie está ampliamente distribuida en el norte del país, así que no se puede evitar la introducción ocasional a otras regiones. Por la naturaleza de un panteón, será difícil llevar a cabo un programa de erradicación, el que tendría que mantenerse durante varios años. Pero se debe estar atento a brotes en las regiones agrícolas y procurar erradicarlos, en caso de que se presenten.

Hirschfeldia incana (L.) Lagrèze-Fossat

Sinónimos: *Hirschfeldia adpressa* Moench, *Brassica adpressa* Boiss., *Sinapis incana* L., *Brassica geniculata* (Desf.) J. Ball, *Sinapis geniculata* Desf.

Nombres en español: mostacilla (Argentina-Marzocca 1976), mostacilla pilosa, mostaza, roqueta bastarda.

Nombres en inglés: buchanweed, hairy brassica, hoary mustard, Mediterranean mustard, shortpod mustard.

Distribución original: región mediterránea (Rollins, 1981).

Distribución secundaria: Oregon, Nevada y California, a veces en el desierto (Rollins, 1981), Argentina (Marzocca, 1976) y otros países. En México es bien conocida de Baja California.

Existen poblaciones muy grandes y naturalizadas de esta especie a lo largo de la vía férrea de la línea México - Morelia en el valle de Toluca. Se encuentra en el tramo Lerma - Toluca (con algunos individuos dispersos hasta La Marquesa) y desde Toluca hacia el norte por aproximadamente 15 km. Estas poblaciones consisten de miles de plantas, y están expandiéndose claramente a terrenos baldíos

aledaños. La autora las ha observado durante 13 años (cuatro años antes de colectar ejemplares por primera vez), y ya eran numerosas entonces.

Además se encontraron poblaciones pequeñas y plantas aisladas en varias localidades ampliamente dispersas. En el norte del Valle de México se halló un individuo cerca de una vía del tren en 1993. Después de 1999 se observó la especie en repetidas ocasiones, principalmente en la orilla de vías ferroviarias (de hecho, en los últimos años se ha encontrado la planta prácticamente cada vez que se han recorrido las vías férreas), pero también en carreteras. Poblaciones pequeñas se localizaron en 1999 cerca de la estación Buenavista y en el este (estación Los Reyes La Paz); en 2001 cerca de Tecámac y en la región de Santa María Chiconautla, en el norte del Valle, todas las veces asociadas a vías del tren. Parece que está extendiéndose rápidamente en el Valle. En 2002 se encontró un individuo en un lugar muy alto (3040 m s.n.m.) en la orilla de la carretera libre México - Puebla, arriba de la Colonia Ávila Camacho.

En los valles altos de Puebla y Tlaxcala se localizó una población de alrededor de 20 individuos cerca de la carretera Apizaco - Huamantla (que en esa parte se encuentra cerca de las vías de tren) en 1996; en los alrededores de Alchichica, Puebla, en 1997; y cerca de Azumbilla, en la orilla de la carretera 150 de Tehuacán a Orizaba, aproximadamente 16 km al norte de Tehuacán en 2000, así como en la proximidad de Acatzingo, en la orilla de la autopista Puebla - Orizaba. En 2002 se encontró a lo largo de la vía férrea dentro del área urbana de la ciudad de Puebla y en 2003 en una calle en Nochixtlán, Oaxaca.

Hirschfeldia incana es una hierba robusta de hasta 1 m de alto, muy ramificada (Fig. 3), anual, bianual o perenne. Tiene una roseta basal. Las hojas son grisáceas por su indumento, son lirado-pinnadas o pinnatífidas, con pequeños mucrones cartilaginosos. Las flores son amarillas y las silicuas cortas (8-12 mm), adpresas al eje principal de la inflorescencia. El pico frecuentemente se encuentra algo inflado y contiene una semilla adicional. Con esta característica se distingue de *Brassica nigra*, que puede tener aspecto algo parecido y que también se encuentra en México. Esta última especie también es más verde y tiene flores más grandes.

En Europa, *Hirschfeldia incana* crece en suelos fértiles, alcalinos y pobres en materia orgánica, de varias texturas (Schulze-Motel, 1986). De Argentina también se registra la asociación con las vías férreas y suelos ricos.

Material revisado: **Distrito Federal**: Delegación Azcapotzalco, colonia Rosario, vía férrea al poniente del campus de la Universidad Autónoma Metropolitana, solamente un individuo grande, 19°30' N, 99°11' W, 2240 m s.n.m, 17.IX.1993, *H. Vibrans 4571*; cerca de la estación de tren Buenavista, orilla de las vías, 19°27'12" N, 99°08'54" W, 2240 m s.n.m., 30.VI.1999, *H. Vibrans 6624*. **Estado de México**: Ferrocarril Toluca - El Oro de Hidalgo, cerca del cruce con la carretera Toluca - Atlacomulco, orilla de vías, población grande, 19°23' N, 99°42' W, 2610 m s.n.m., 1.IX.1994, *H. Vibrans 4886*; terrenos de la estación de ferrocarril Los Reyes La Paz, 19°21' N, 98°57' W, 2250 m s.n.m., 6.V.1999, *H. Vibrans 6574*; al N de Tecámac,

vías del tren, 19°43'29.6" N, 98°58'4.5" W, 2300 m s.n.m., 3.X.2000, *H. Vibrans 6745*; orilla de las vías del tren entre Metepec y Toluca, a la altura de Sta. Elena, 19°17'07.8" N, 99°32'23.8" W, 2595 m s.n.m., 10.VI.2001, *H. Vibrans 7296*; vías del tren, línea de México a Ciudad Sahagún, cerca de Santa María Chiconautla, 19°36'21.8" N, 98°59'44.3" W, 2255 m s.n.m., 28.VI.2001, *H. Vibrans 7330*; orilla de la carretera libre México - Puebla, arriba de la Colonia Ávila Camacho, 19°19'09.9" N, 98°44'37.6" W, 3040 m s.n.m., 28.VII.2002, *H. Vibrans 7646*. **Tlaxcala**: carretera Apizaco - Jalapa, aproximadamente 4 km al este de Huamantla, 19°19' N 97°52' W, 2450 m s.n.m., 6.X.1996, *H. Vibrans 6107*. **Puebla**: cultivo de maíz cerca de la salida meridional de Alchichica sobre la carretera Jalapa - Apizaco, 19°26' N, 97°23' W, 2330 m s.n.m., 2.V.1997, *H. Vibrans 6499*; orilla de la carretera # 150, Tehuacán - Orizaba, cerca de Azumbilla, 21.V.2000, *H. Vibrans 6632*; orilla de la autopista Puebla - Orizaba, cerca de Acatzingo, 18°59'16.7" N, 97°50'47.3" W, 2255 m s.n.m., 12.XII.2000, *H. Vibrans 7041*; vía del tren dentro de la zona urbana de la Ciudad de Puebla, cerca del cruce con la avenida que va al Fuerte y el área de exposiciones, 19°03'56.1" N, 98°10'21.0" W, 2208 m s.n.m., 28.VII.2002, *H. Vibrans 7649*. **Oaxaca**: Nochixtlán, área urbana, en la orilla de la carretera a Santiago Ixtaltepec, 17°32.205' N, 97°06.838" W, 2150 m s.n.m., 18.IV.2003, *H. Vibrans 7692*.

Recomendación: La especie puede cubrir superficies grandes y es potencialmente nociva, pero las poblaciones ya son demasiado grandes para intentar erradicarlas. *Hirschfeldia incana* hibridiza con la canola, *Brassica napus*.

Brassica tournefortii Gouan

Nombres en español: los campesinos de la región de Esperanza, Pue., llaman a la especie “nabo chino” (*Brassica rapa* es el nabo común y nabo chino significa nabo diferente o extraño). No se encontró otro nombre en español.

Nombres en inglés: wild turnip, Mediterranean mustard, Asian mustard, prickly turnip, turnip weed.

Distribución original: norte de África.

Distribución secundaria: en Australia y el sur de California, Nevada, Arizona en Estados Unidos y Baja California en México. Se conoce como invasora de desiertos (Rollins, 1981).

La población principal se encuentra en los cultivos de maíz en el valle alrededor de Esperanza, Puebla. Se encontró por primera vez en 1992 cerca de la caseta de cobro Esperanza, de la autopista Puebla - Orizaba, sin hacer una colecta formal. Una búsqueda sistemática un año más tarde mostró que hay cantidades grandes de esta planta en las milpas a lo largo de la autopista, desde Cuesta Blanca hasta San Miguel, en un trecho de aproximadamente 10 km. Individuos aislados también se localizaron en la vía del tren México - Morelia, cerca de Toluca. En 2000 y 2001 se encontraron poblaciones sustanciales en el área de las dunas cerca de El Carmen Tequexquitla, Tlaxcala, y un individuo aislado en

la orilla de la autopista Puebla - Orizaba, cerca de Acatzingo, en 2001. La especie parece estar en expansión.

Brassica tournefortii es una hierba de flores amarillas, anual y ramificada. Es hirsuta en su base y crece hasta 80 cm de alto. Las hojas basales son lirado-pinnatífidas y tienen un pecíolo corto. Las hojas caulinares superiores son reducidas y sésiles, pero no semiamplexicaules. Los pedicelos son más largos que los sépalos. Los pétalos son angostos, con 1.5 mm de ancho. La silicua tiene un pico relativamente largo (10-16 mm) y cilíndrico. Su hábito general se parece un poco al de *Brassica rapa* (= *B. campestris*), de la cual puede distinguirse por ser verde y no glauca como *B. rapa*, y por carecer de hojas superiores semiamplexicaules tan típicas del “nabo”. Además, los pétalos son más angostos y sus hojas basales son lobadas de manera más uniforme que en la mayoría de las especies de *Brassica*. Una característica útil que no aparece en las floras, es el hecho de que las semillas se marcan en la silicua también en estado joven. Se pueden ver imágenes de un fruto y una inflorescencia en el sitio web del proyecto Calflora (http://elib.cs.berkeley.edu/photos/).

De acuerdo con Rollins (1981), en Estados Unidos se conoce la especie de “orillas de caminos, lugares baldíos, campos abandonados y desierto abierto”. En contraste, en México se comporta como una típica arvense. Puede dispersarse como rodadora después de la cosecha; la región de Esperanza es un lugar con mucho viento.

Un campesino local informó que *B. tournefortii* apareció en la región de Esperanza alrededor de 1970; se puede suponer que fue introducida con un lote de semillas. La población fue vuelta a observar en 2002, así que la planta puede considerarse naturalizada.

Material revisado: **Puebla**: autopista Puebla - Orizaba, cultivos de maíz cerca de la caseta de cobro de Esperanza, 18°52' N, 97°23' W, 2440 m s.n.m., 20.XI.1993, *H. Vibrans 4665*; orilla de la carretera Puebla - Orizaba, poco antes de la salida a Acatzingo, región con agricultura de riego, tierra abierta, 18°59'15.2" N, 97°50' 42.5" W, 2255 m s.n.m., 12.XII.2000, *H. Vibrans 7042*. **Tlaxcala**: carretera Huamantla - El Carmen, en las dunas al oeste de El Carmen Tequexquitla, ca. 5 km al oeste del lago Oriental, vegetación ruderal, debajo de *Juniperus deppeana*, 19°20'05.6" N, 97°41'06.1" W, 2400 m s.n.m., 17.VII.2001, *H. Vibrans 7422*; mismo lugar, campos de cultivo abandonados, 19°20'09.9" N, 97°41'06.4" W, 2400 m s.n.m., 17.VII.2001, *H. Vibrans 7423*.

Recomendación: La especie ya es parte de la flora arvense habitual en la región de Esperanza. Las poblaciones son demasiado grandes para ser susceptibles de erradicación, pero debe impedirse su migración a regiones desérticas cercanas, sobre todo a la reserva de Tehuacán - Cuicatlán, ya que en los Estados Unidos la planta es capaz de invadir vegetación desértica no perturbada. En África del norte, su área nativa, es propia del desierto.

Brassica tournefortii puede hibridizar con otras especies del género.

Sinapis alba L.

Sinónimos: *Brassica hirta* Moench, *Brassica alba* (L.) Rabenh.

Nombres en español: mostacilla pilosa (Argentina), mostaza amarilla, mostaza blanca.

Nombres en inglés: white mustard, kedlock.

Distribución original: Eurasia (Rollins, 1981), posiblemente la región del Mediterráneo.

Distribución secundaria: Rollins (1981) indica una distribución amplia pero esporádica en América del Norte, incluyendo las áreas altas de México y Centroamérica. No se encontraron ejemplares en CHAPA, ENCB o MEXU, además no se menciona en ninguna de las floras consultadas. También se conoce de Sudáfrica, el norte de África y el oeste de Asia.

En 1996 se encontró un individuo aislado en una vía del ferrocarril, cerca de Toluca. En 2001, se localizó una población no muy grande, pero con aspecto de establecida (ejemplares secos, en fruto, floreciendo y jóvenes) en el Valle del Mezquital. En el mismo año se hallaron numerosos y vigorosos individuos en la orilla de la autopista México - Querétaro.

La especie es una crucífera anual de tamaño mediano (hasta aproximadamente 70 cm), hirsuta y de flores amarillas. Las hojas inferiores son anchas, lirado-pinnadas o pinnatífidas y pecioladas; las superiores son reducidas y con pecíolos cortos. Las silicuas están cubiertas por pelos duros y blancos en su parte inferior (no en el pico; Fig. 4). Los frutos miden 2-3 cm de largo y tienen un pico que es tan largo o más largo que la parte dehiscente de la silicua. Las valvas son trinervadas.

Material revisado: **Estado de México**: entre la orilla de la carretera de Toluca a Ixtlahuaca y la vía de ferrocarril a Morelia, aproximadamente 1.5 km al norte de la intersección del ferrocarril con la Avenida Alfredo del Mazo (Toluca), 19°20' N, 99°40' W, 2620 m s.n.m., 27.XI.1996, *H. Vibrans 6356*. **Hidalgo**: carretera federal # 85 de Ixmiquilpan a Pachuca, entre Pachuca y Actopan, cerca del pueblo Caxuxi, Valle del Mexquital, zona de riego, 20°18'02.7" N, 98°59'23.8" W, 1975 m s.n.m., 16.V.2001, *H. Vibrans 7199*; sobre la autopista México - Querétaro, ca. 4 km al sureste de la salida a Tepeji del Río, vegetación ruderal en orilla de carretera, 19°51'30.5" N, 99°18'01.6" W, 2290 m s.n.m., 3.VIII.2001, *H. Vibrans 7467*; sobre la autopista México - Querétaro, ca. 3 km al sureste de la salida a Tepeji del Río, vegetación ruderal en orilla de carretera, 19°51'54.2" N, 99°19'18.6" W, 2220 m s.n.m., 3.VIII.2001, *H. Vibrans 7471*.

Recomendación: la planta de Toluca era claramente efímera, pero el individuo tenía frutos. La población del Mezquital parece bien establecida, pero todavía es pequeña. La especie puede volverse nociva, por lo que se recomienda una búsqueda sistemática y la erradicación de las poblaciones encontradas. Es probable



Figs. 1-4: 1. *Thlaspi arvense* (# HV 7297) infrutescencia, los frutos miden de 10-15 mm de largo. 2. *Diplotaxis muralis* (# HV 7455). a. hábito; b. hojas basales, la hoja grande tiene aproximadamente 15 cm de largo. 3. *Hirschfeldia incana* (# HV 7296) hábito, la planta es de aproximadamente 1 m de alto. 4. *Sinapis alba* (# HV 7467) frutos, los frutos tienen ca. 25 mm de largo. Fotografía digital de Pedro Tenorio.

que se introduzca no sólo como contaminación de otras semillas, sino también para cultivo, ya que las semillas de mostaza tienen varios usos medicinales y culinarios (la mostaza del condimento comercial) en México.

Notas sobre algunas especies en expansión

Rapistrum rugosum (L.) All. fue registrada por Rzedowski y Rzedowski (2001) como una adición reciente a la flora del Valle de México. La autora ha observado la especie en varios lugares de la mencionada comarca (Texcoco, Los Reyes La Paz, los alrededores de la central de abasto en el este; la carretera al Desierto de los Leones en el oeste; en la orilla del depósito de agua “El Cristo” y cerca de Tepotzotlán en el norte, y en Xochimilco en el sur). Aparentemente se encuentra bien establecida allí al igual que en el Valle de Toluca (la región de Lerma y de la ciudad de Toluca). Además se encontró en regiones de clima más cálido, por ejemplo cerca de Santo Tomás de los Plátanos en el oeste del Estado de México; en Puebla, dentro de la ciudad y en los alrededores cerca de Tehuacán, así como cerca de Tequisquiapan, en Querétaro. La especie tiende a crecer en ambientes ruderales y húmedos, más que como arvense. Las poblaciones generalmente no son grandes, pero esto puede cambiar en el futuro.

Los mismos autores consideran a *Cardamine hirsuta* L. como una adición a la flora del Valle, basándose en dos registros. Actualmente, es muy común en toda clase de habitats ruderales abiertos y no muy secos, como setos y céspedes. También es frecuente en lugares similares en el Valle de Toluca y la región de Puebla y Tlaxcala; además se ha colectado en cafetales en el estado de Veracruz. A veces puede encontrarse en vegetación primaria nativa, por ejemplo en la orilla de arroyos dentro de bosques. Posiblemente la planta pasó desapercibida, porque es pequeña y poco llamativa. Observaciones propias indican que la especie se está expandiendo a través del comercio de macetas provenientes de Xochimilco en el Distrito Federal.

Lepidium latifolium L. se señala como rara, con sólo dos colectas recientes para el Valle de México (Rzedowski y Rzedowski, 2001) y pocas de México (Hitchcock, 1945). No obstante, la especie es común en todo el oriente del Valle (Iztapalapa a Ciudad Nezahualcóyotl, Los Reyes La Paz, hasta Texcoco y Ecatepec). Puede ser una maleza nociva porque forma rizomas que son difíciles a erradicar.

Lepidium draba L. (sin. *Cardaria draba* (L.) Desv.) se registra por los mismos autores con pocas colectas. Se encontraron varias poblaciones vigorosas en diferentes partes del oriente del Valle, entre ellos en la Ciudad Deportiva Magdalena Mixuca y en las vías de tren en el noreste del valle. Al igual que *Lepidium latifolium*, forma rizomas de difícil combate. Se conoce como planta de suelos salinos (Rollins, 1993).

DISCUSIÓN

La familia Brassicaceae en México contiene un número alto de especies exóticas, principalmente procedentes de la región del Mediterráneo (Vibrans, 1998b). En el presente estudio se muestra que la inmigración de las mismas y su expansión sigue en México.

El éxito de las crucíferas en México se puede deber a:

- su preadaptación a lugares perturbados y ambientes abiertos;
- la falta de enemigos naturales;
- su capacidad para escapar de la competencia con las plantas nativas al poder florecer en todo el año, también en invierno o primavera, cuando la vegetación nativa está seca, además de que la mayoría de las especies cuenta con raíces napiformes y profundas.

Varias de las especies tratadas aquí pueden causar daños directos a la agricultura (p.ej. *Thlaspi arvense*) y a la integridad florística de la vegetación silvestre (p. ej. *Brassica tournefortii*). Son hospederas de plagas de plantas cultivadas; la capacidad de hibridizar con ellas es relevante en el momento de cultivar variedades transgénicas. Los resultados muestran que es necesario tomar medidas precautorias adicionales a nivel nacional y regional, aparte del control fitosanitario en las fronteras. Se requiere primero más información accesible sobre las malezas existentes en México y su distribución, y luego una infraestructura para localizar recientes introducciones -no sólo al país sino también a nuevas regiones- y erradicarlas antes de que se conviertan en serio problema. Esto posiblemente sea costoso; sin embargo, solamente representa una fracción de los daños que podrían causar las plantas (y animales) invasoras no controladas a tiempo.

AGRADECIMIENTOS

La mayoría de las recolectas y observaciones citadas aquí se hicieron en conexión con los siguientes proyectos: “Vegetación urbana de la Ciudad de México”, apoyado por la Universidad Nacional Autónoma de México (1993-94); “Vegetación antropogénica del centro-sur del Estado de México”, apoyado por CONACyT (1995-98); y “Plantas exóticas del centro de México y obtención de imágenes para una flora virtual de malezas”, apoyado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2000-2002). Las colecciones científicas bien cuidadas son indispensables para realizar este tipo de trabajos; los siguientes herbarios me apoyaron amablemente con tiempo de su personal y acceso a sus excelentes instalaciones: el Herbario Nacional (MEXU), el Herbario-Hortorio del Programa de Botánica, Colegio de Postgraduados (CHAPA), el Gray Herbarium de la Universidad de Harvard (GH) y el Herbario Berlin-Dahlem (B). Agradezco además la toma de fotografías y la compañía en el campo de Pedro Tenorio, así como el apoyo técnico de Eréndira Carmona y Juana Mondragón. Finalmente, muchas gracias a Carlos Rojas, del herbario de la UNAM-Iztacala, ¡por haberme conseguido un asiento en

el autobús al Congreso Botánico de México en Mérida en 1992! En este viaje se encontró *Brassica tournefortii* por primera vez.

LITERATURA CITADA

Anónimo. 1971. Common weeds of the United States. Prepared by the Agricultural Research Service of the United States Department of Agriculture. Dover. Nueva York. 462 pp.

Anónimo. 2002. Predicting invasions of non-indigenous plants and plant pests. National Research Council Committee on the Scientific Basis for Predicting the Invasive Potential of Nonindigenous Plants and Plant Pests in the United States. National Academy Press. Washington, D. C. 194 pp.

Best, K. F. y G. I. McIntyre. 1975. The biology of Canadian weeds. 9. *Thlaspi arvense* L. Can. J. Plant Sci. 55: 279-292.

Elton, C. S. 1958. The ecology of invasions by animals and plants. Methuen. Londres. 181 pp.

Guell, F. 1970. Malas hierbas. Diccionario clasificatorio ilustrado. Oikos-tau. Barcelona. 217 pp.

Hanf, M. 1984. Ackerunkräuter Europas mit ihren Keimlingen und Samen. 2a. ed. BLV Verlagsgesellschaft. Munich. 496 pp.

Hitchcock, C. L. 1945. The Mexican, Central American and West Indian *Lepidia*. Madroño 8: 118-143.

Holzner, W. 1981. Acker-Unkräuter. Bestimmung, Verbreitung, Biologie und Ökologie. Stocker Verlag. Graz. 199 pp.

Kolar, C. S. y D. M. Lodge. 2001. Progress in invasion biology: predicting invaders. Trends Ecol. Evol. 16: 199-204.

Lonsdale, W. M. 1999. Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility. Ecology 80: 1522-1536.

Mack, R. N. 1996. Predicting the identity and fate of plant invaders: emergent and emerging approaches. Biological Conservation 78: 107-121.

Marzocca, A. 1976. Manual de malezas. 3a. ed. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires. 564 pp.

Mitchell, C. E. y A. G. Power. 2003. Release of invasive plants from fungal and viral pathogens. Nature 421(6923): 625-627.

Muenscher, W. C. 1955. Weeds. 2a ed. Macmillan. Nueva York. 560 pp.

Pimentel, D., L. Lach, R. Zuniga y D. Morrison. 2000. Environmental and economic costs associated with non-indigenous species in the United States. BioScience 50: 53-65.

Rollins, R. C. 1981. Weeds of the Cruciferae (Brassicaceae) in North America. J. Arnold Arb. 62: 517-540.

Rollins, R. C. 1993. The Cruciferae of continental North America. Systematics of the mustard family from the Arctic to Panama. Stanford University Press. Stanford. 976 pp.

Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y colaboradores. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed., Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Mich. 1406 pp.

Sánchez-Yelamo, M. D. 1991. A chemotaxonomic approach to *Diplotaxis muralis* (Cruciferae: Brassicaceae) and related species. Biochem. Syst. Ecol. 19: 477-482.

Schulze-Motel, W. (ed.). 1986. Cruciferae. In: Hegi, G. Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Vol. IV, parte 1. 3a. ed. Parey. Stuttgart. pp. 73-514.

Stohlgren, T. J., D. Binkley, G. W. Chong, M. A. Kalkhan, L. D. Schell, K. A. Bull, Y. Otsuki, G. Newman, M. Bashkin y Y. Son. 1999. Exotic plant species invade hot spots of native plant diversity. Ecological Monographs 69: 25-46.

Vibrans, H. 1998a. Urban weeds of Mexico City. Floristic composition and important families. An. Inst. Biol. Méx. Ser. Bot. 69: 37-69.

Vibrans, H. 1998b. Flora und Vegetation der Maisfelder im Raum Puebla-Tlaxcala, Mexiko. Dissertationes Botanicae Vol. 287. J. Cramer in der Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, Berlin. 181 pp.

Villaseñor R., J. L. y F. J. Espinosa G. 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario y Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 449 pp.

Recibido en enero de 2003.
Aceptado en julio de 2003.

Acta Botanica Mexicana (2003), 65: 45-50

THE SUBMERSION OF *PEDILANTHUS* INTO *EUPHORBIA* (EUPHORBIACEAE)

Victor W. Steinmann

Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío
Apartado postal 386, 61600 Pátzcuaro, Michoacán

ABSTRACT

Pedilanthus (Euphorbiaceae) consists of about 15 species, all of which occur in Mexico. The genus belongs to the tribe Euphorbieae subtribe Euphorbiinae in the subfamily Euphorbioideae, and is one of six satellite genera of *Euphorbia*. As traditionally suspected, molecular studies have demonstrated that *Euphorbia* is paraphyletic, and the satellite genera are nested within it. In order to create a classification of Euphorbieae subtribe Euphorbiinae that reflects evolutionary relationships and employs the concept of monophyly, I argue that the genera currently segregated from *Euphorbia* should be included within it. Therefore, *Pedilanthus* is here treated as a synonym of *Euphorbia*. A list enumerating the valid names for species of *Pedilanthus* when treated within *Euphorbia* is provided. The following new combinations and names are proposed: *Euphorbia calcarata*, *Euphorbia coalcomanensis*, *Euphorbia colligata*, *Euphorbia conzattii*, *Euphorbia cymbifera*, *Euphorbia cyri*, *Euphorbia diazlunana*, *Euphorbia dressleri*, *Euphorbia finkii*, *Euphorbia lomelii*, *Euphorbia peritropoides*, *Euphorbia personata*, *Euphorbia tehuacana*, and *Euphorbia tithymaloides* sspp. *angustifolia*, *bahamensis*, *jamaicensis*, *padifolia*, *parasitica*, *retusa*, and *smallii*.

Key words: classification, *Euphorbia*, Euphorbiaceae, *Pedilanthus*.

RESUMEN

Pedilanthus (Euphorbiaceae) contiene alrededor de 15 especies, todas ellas se encuentran en México. El género pertenece a la tribu Euphorbieae subtribu Euphorbiinae de la subfamilia Euphorbioideae y es uno de los seis géneros satélites de *Euphorbia*. Como tradicionalmente se ha sospechado, los estudios moleculares han demostrado que *Euphorbia* es un conjunto parafilético y que los otros géneros de la subtribu se concentran dentro de él. Para tener una clasificación de Euphorbieae subtribu Euphorbiinae que refleje mejor su historia evolutiva y que siga el concepto de monofilia, es necesario que los géneros satélites se incluyan en *Euphorbia*. Por consiguiente, *Pedilanthus* aquí se trata como un sinónimo de *Euphorbia*. Se incluye una lista de los nombres válidos para las especies de *Pedilanthus* cuando se consideran como parte de *Euphorbia* y se proponen las siguientes combinaciones o nombres nuevos: *Euphorbia calcarata*, *Euphorbia coalcomanensis*, *Euphorbia colligata*, *Euphorbia conzattii*, *Euphorbia cymbifera*, *Euphorbia cyri*, *Euphorbia diazlunana*, *Euphorbia dressleri*, *Euphorbia finkii*, *Euphorbia lomelii*, *Euphorbia peritropoides*, *Euphorbia personata*, *Euphorbia tehuacana* y *Euphorbia tithymaloides* sspp. *angustifolia*, *bahamensis*, *jamaicensis*, *padifolia*, *parasitica*, *retusa* y *smallii*.

Palabras clave: clasificación, *Euphorbia*, Euphorbiaceae, *Pedilanthus*.

The genus *Pedilanthus* Neck. ex Poit., nom. cons., consists of about 15 species. All of these occur in Mexico, and most are endemic to the country. A few species extend into Central America, and only one, *Pedilanthus tithymaloides* (L.) Poit., is widespread, ranging from southern Florida and Mexico to northern South America and the Caribbean (Dressler, 1957). Linnaeus (1753) treated the single then-known species of *Pedilanthus* within *Euphorbia*, but subsequently the genus has been almost universally accepted since its inception in the early 19th century. Klotzsch and Garcke (1859; 1860) went so far as to divide the genus into three: *Diadenaria* Klotzsch & Garcke, *Hexadenia* Klotzsch & Garcke, and *Pedilanthus*. However, their system was never adopted.

Following the familial classification of Webster (1994), *Pedilanthus*, along with other cyathiate members of Euphorbiaceae, belongs to tribe Euphorbieae in the subfamily Euphorbioideae. The genus is placed in subtribe Euphorbiinae, an assemblage containing seven genera and dominated by the massive genus *Euphorbia*. Of *Euphorbia*'s six satellite genera, all except *Chamaescye* are distinguished by features of involucral morphology. Also, all except *Chamaescye* are universally accepted, whereas *Chamaesyce* is considered a synonym of *Euphorbia* by many experts on the subtribe Euphorbiinae (e.g., Johnston, 1975; Carter, 1988).

Pedilanthus is distinguished from *Euphorbia* by the possession of styles connate into a long column and bilaterally symmetrical cyathia that have the glands hidden within a nectar spur (Webster, 1994). It is worth noting, however, that the former characteristic is not restricted to *Pedilanthus* and can be found in various *Euphorbia*, e.g., *E. adenochila* S. Carter. With the exception of its unusual involucral morphology, *Pedilanthus* differs in no substantial way from *Euphorbia*. In fact, it has long been suspected that the genus *Pedilanthus* arose from ancestral *Euphorbia* under the selection of hummingbird pollination (Dressler, 1957; Webster, 1967), and both these authors suggested an origin from within *Euphorbia* subg. *Agaloma*.

Until recently, little was known about the phylogeny and relationships of *Euphorbia* and its segregate genera. In a broad phylogenetic analysis of the tribe Euphorbieae based on DNA sequence data (Steinmann and Porter, 2002), it was demonstrated that the subtribe Euphorbiinae is strongly supported to be monophyletic, but *Pedilanthus*, as well as the other satellite genera, are nested within *Euphorbia*. Therefore, viewed in a global and evolutionary context, *Pedilanthus* and the other segregates represent small, scattered branches within a large tree of *Euphorbia*. As a result, some members of *Euphorbia* are actually more closely related to members of other genera than to other members of *Euphorbia*. In the case of *Pedilanthus*, molecular data from the chloroplast coding region *ndh*F suggest that the neotropical species *Euphorbia elata* Brandegee is more closely related to species of *Pedilanthus* than it is to other species of *Euphorbia* (Steinmann and Porter, 2002). Although the exact affinities of *Pedilanthus* are still not manifest, the group apparently is not closely related to members of *Euphorbia* subg. *Agaloma*, as previously suggested. Instead it appears related to *Euphorbia elata* in a clade with various other neotropical *Euphorbia*, such as *E. cestrifolia* H.B.K., *E.*

hoffmanniana (Klotzsch & Garcke) Boiss., and *E. pteroneura* A. Berger (Steinmann and Porter, 2002).

If the modern classification of Euphorbieae subtribe Euphorbiinae is to reflect evolutionary relationships and employ the concept of monophyly, then there are two alternative solutions to the current problem of paraphyly within the subtribe. The first is a narrowly delimitated *Euphorbia* and a multitude of segregate genera. *Euphorbia* would be restricted to the nearly 250 species currently recognized as *Euphorbia* subgenus *Euphorbia* (see discussion in Steinmann and Porter, 2002), and the remainder of the species in the subtribe, around 1800, would require accommodation in other genera. As many as forty genera would probably be needed to accommodate the species currently recognized within the single genus *Euphorbia*. As a result, *Euphorbia*, a well-known and easily recognizable genus, would no longer exist in most parts of world. I believe that this would lead to great instability for at least the foreseeable future as boundaries, distinguishing features, and circumscriptions of these genera are elucidated. Furthermore, I believe that many of resulting genera would be nearly impossible to distinguish from each other on the basis of morphology. This is due to the unusual nature of evolution within subtribe Euphorbiinae. In general, basic cyathial morphology is highly conserved but vegetative morphology is highly plastic, thus leading to great diversification and much parallel evolution in growth form with little change in the overall structure of the cyathium. As a result, changes in cyathial structure, as demonstrated by *Pedilanthus*, have been given great taxonomic weight, and those groups possessing such changes have been deemed worthy of generic distinction. In contrast, equally significant changes in vegetative structure, such as those resulting in leafless, cactiform succulents, have been taxonomically ignored.

The second alternative, and the one that I advocate, is to expand the circumscription of *Euphorbia* to include the species currently treated in segregate genera. Under this solution, the circumscription of *Euphorbia* only slightly changes to encompass taxa with unusual cyathial morphologies. Considering the great amount of vegetative diversity currently present within the genus, I do not think that such an expansion drastically alters its generic concept. On the contrary, broadening the genus has some benefit because it conveys the incredible diversification of the group in both vegetative and cyathial features. Thus, for the reasons elaborated here and others presented in Steinmann and Porter (2002), I relegate *Pedilanthus* to synonymy under *Euphorbia*.

There is still much doubt concerning subgeneric classification within *Euphorbia*, and at this time I do not propose whether *Pedilanthus* should be treated as a subgenus or a section of *Euphorbia*. Certainly recognition at one of these ranks is appropriate, and future investigations on infrageneric relationships within *Euphorbia* will help determine its best status.

The following list enumerates the valid names for species of *Pedilanthus* when treated within *Euphorbia*. In most cases new combinations are required and in some cases a new name is needed because the use of an epithet in *Euphorbia* would result in a later homonym.

Euphorbia bracteata Jacq., Pl. Hort. Schoenbr. 3: 14. 1798. (=*Pedilanthus bracteatus* (Jacq.) Boiss. in DC., Prodr. 15(2): 6. 1862).

Euphorbia calcarata (Schltdl.) V. W. Steinm., comb. nov. (=*Pedilanthus calcaratus* Schltdl., Linnaea 19: 255. 1847).

Euphorbia coalcomanensis (Croizat) V. W. Steinm., comb. nov. (=*Pedilanthus coalcomanensis* Croizat, J. Wash. Acad. Sci. 33: 19. 1943).

Euphorbia colligata V. W. Steinm., nom. nov. (=*Pedilanthus connatus* Dressler & Sacamano, Acta Bot. Mex. 18: 21. 1992). A new name is required because of the existence of *Euphorbia connata* Boiss., published in 1862. The new specific epithet, meaning joined, is in reference to the high degree of fusion among the involucral lobes of the nectar spur.

Euphorbia conzattii V. W. Steinm., nom. nov. (=*Pedilanthus pulchellus* Dressler, Contr. Gray Herb. 182: 111. 1957). A new name is required because of the existence of *Euphorbia pulchella* Lag. & Rodr., published in 1802. The specific epithet honors Cassiano Conzatti (1862-1951), botanical explorer and early specialist on the flora of Oaxaca, the state to which this species is endemic; he collected the type in 1917.

Euphorbia cymbifera (Schltdl.) V. W. Steinm., comb. nov. (=*Pedilanthus cymbiferus* Schltdl., Linnaea 19: 253. 1847).

Euphorbia cyri V. W. Steinm., nom. nov. (=*Pedilanthus tomentellus* B.L. Rob. & Greenm., Amer. J. Sci. 50: 164. 1895). A new name is required because of the existence of *Euphorbia tomentella* Engelm. ex Boiss., published 1862. The new specific epithet honors Cyrus Guernsey Pringle (1838-1911), collector of the type material.

Euphorbia diazlunana (Lomelí & Sahagún) V. W. Steinm., comb. nov. (=*Pedilanthus diazlunanus* Lomelí & Sahagún, Acta Bot. Mex. 25: 15. 1993).

Euphorbia dressleri V. W. Steinm., nom. nov. (=*Pedilanthus gracilis* Dressler, Contr. Gray Herb. 182: 109. 1957). A new name is required because of the existence of *Euphorbia gracilis* Loisel., published in 1807. The specific epithet *dressleri* honors Robert L. Dressler, renowned ochidologist who early in his career worked on Euphorbiaceae and provided the monograph of *Pedilanthus*.

Euphorbia finkii (Boiss.) V. W. Steinm., comb. nov. (=*Pedilanthus finkii* Boiss. in DC., Prodr. 15(2): 1261. 1866).

Euphorbia lomelii V. W. Steinm., nom. nov. (=*Pedilanthus macrocarpus* Benth., Bot. Voy. Sulphur 49. 1844). A new name is required because of the existence of *Euphorbia marcrocarpa* Boiss. & Buhse, published in 1860. It honors José Lomelí Sención, enthusiastic researcher on the Euphorbiaceae and director of the Botanical Garden at the Universidad Autónoma de Guadalajara.

Euphorbia peritropoides (Millsp.) V. W. Steinm., comb. nov. (=*Pedilanthus peritropoides* Millsp., Publ. Field Mus. Nat. Hist., Bot. ser. 2: 369. 1913; *Pedilanthus palmeri* Millsp., Publ. Field Mus. Nat. Hist., Bot. ser. 2: 364. 1913). *Pedilanthus palmeri* and *P. peritropoides* were published by Millspaugh in the same article, and Dressler (1957) first reduced the latter to synonymy under the former. However, the presence of *Euphorbia palmeri* Engelm. ex S. Watson, published in 1880, prevents the transfer of *P. palmeri* into *Euphorbia*.

Euphorbia personata (Croizat) V. W. Steinm., comb. nov. (=*Pedilanthus personatus* Croizat, J. Wash. Acad. Sci. 33: 20. 1943; *Pedilanthus nodiflorus* Millsp., Publ. Field Columbian Mus., Bot. ser. 1: 305. 1896). Although the name *Pedilanthus nodiflorus* has almost 50 years priority over *P. personatus*, the existence of *Euphorbia nodiflora* Steud., published in 1840, prevents its transfer to *Euphorbia*.

Euphorbia tehuacana (Brandegee) V. W. Steinm., comb. nov. (=*Pedilanthus tehuacanus* Brandegee, Univ. Calif. Publ. Bot. 6: 55. 1914).

Euphorbia tithymaloides L., Sp. Pl. 453. 1753; ssp. *tithymaloides*. (=*Pedilanthus tithymaloides* (L.) Poit., Ann. Mus. Natl. Hist. Nat. 19: 390. 1812; ssp. *tithymaloides*).

Euphorbia tithymaloides L. ssp. ***angustifolia*** (Poit.) V. W. Steinm., comb. nov. (=*Pedilanthus angustifolius* Poit., Ann. Mus. Natl. Hist. Nat. 19: 393. 1812; *Pedilanthus tithymaloides* (L.) Poit. ssp. *angustifolius* (Poit.) Dressler, Contr. Gray Herb. 182: 161. 1957).

Euphorbia tithymaloides L. ssp. ***bahamensis*** (Millsp.) V. W. Steinm., comb. nov. (=*Pedilanthus tithymaloides* (L.) Poit. ssp. *bahamensis* Dressler, Contr. Gray Herb. 182: 165. 1957).

Euphorbia tithymaloides L. ssp. ***jamaicensis*** (Millsp. & Britton) V. W. Steinm., comb. nov. (=*Pedilanthus jamaicensis* Millsp. & Britton, Publ. Field Mus. Natl. Hist., Bot. ser. 2: 356. 1913; *Pedilanthus tithymaloides* (L.) Poit. ssp. *jamaicensis* (Millsp. & Britton) Dressler, Contr. Gray Herb. 182: 165. 1957).

Euphorbia tithymaloides L. ssp. ***padifolia*** (L.) V. W. Steinm., comb. nov. (=*Euphorbia tithymaloides* L. var. *padifolia* L., Sp. Pl. 453. 1753; *Pedilanthus tithymaloides* (L.) Poit. ssp. *padifolius* (L.) Dressler, Contr. Gray Herb. 182: 156. 1957).

Euphorbia tithymaloides L. ssp. ***parasitica*** (Klotzsch & Garcke) V. W. Steinm., comb. nov. (=*Pedilanthus parasiticus* Klotzsch & Garcke, Abh. Königl. Akad. Wiss. Berlin 1859 (Phys. Abh.): 159. 1860; *Pedilanthus tithymaloides* (L.) Poit. ssp. *parasiticus* (Klotzsch & Garcke) Dressler, Contr. Gray Herb. 182: 148. 1957).

Euphorbia tithymaloides L. ssp. ***retusa*** (Benth.) V. W. Steinm. comb. nov. (=*Pedilanthus retusus* Benth., Hooker's J. Bot. Kew Gard. Misc. 6: 321. 1854; *Pedilanthus tithymaloides* (L.) Poit. ssp. *retusus* (Benth.) Dressler, Contr. Gray Herb. 182: 154. 1957).

Euphorbia tithymaloides L. ssp. ***smallii*** (Millsp.) V. W. Steinm. comb. nov. (=*Pedilanthus smalliii* Millsp., Publ. Field Mus. Natl. Hist., Bot. ser. 2: 358. 1913; *Pedilanthus tithymaloides* (L.) Poit. ssp. *smallii* (Millsp.) Dressler, Contr. Gray Herb. 182: 152. 1957).

ACKNOWLEDGEMENTS

I thank Robert L. Dressler and two anonymous reviewers for providing critical comments and corrections of the manuscript.

LITERATURE CITED

Carter, S. 1988. Euphorbieae. In: Polhill, R. M. (ed.). Flora of Tropical East Africa, Euphorbiaceae. A. A. Balkema, Rotterdam. pp. 409-564.

Dressler, R. L. 1957. The genus *Pedilanthus* (Euphorbiaceae). Contrib. Gray Herb. Harvard Univ. 182: 1-188.

Johnston, M. C. 1975. Studies of the *Euphorbia* species of the Chihuahuan desert region and adjacent areas. Wrightia 5: 120-143.

Klotzsch, J. F. and C. A. F. Garcke. 1859 (1860). Hr. Klotzsch las über Linné's natürliche Pflanzenklasse Tricoccae des Berliner Herbarium's im Allgemeinen und die natürliche Ordnung Euphorbiaceae insbesondere. Monatsber. Königl. Preuss. Akad. Wiss. Berlin 1859: 236-254.

Klotzsch, J. F. and C. A. F. Garcke. 1860. Linné's natürliche Pflanzenklasse Tricoccae. Abhandl. Königl. Preuss. Akad. Wiss. Berlin 1859 (Phys. Abhandl.): 1-108.

Linnaeus, C. 1753. Species Plantarum. Impensis Laurentii Salvii, Stockholm. 1200+31 pp.

Steinmann, V. W. and J. M. Porter. 2002. Phylogenetic relationships in Euphorbieae (Euphorbiaceae) based on ITS and *ndh*F sequence data. Ann. Missouri Bot. Gard. 89: 453-490.

Webster, G. L. 1967. The genera of Euphorbiaceae in the southeastern United States. J. Arnold Arb. 48: 303-361, 363-430.

Webster, G. L. 1994. Synopsis of the genera and suprageneric taxa of Euphorbiaceae. Ann. Missouri Bot. Gard. 81: 33-144.

Recibido en enero de 2003.

Aceptado en marzo de 2003.

Acta Botanica Mexicana (2003), 65: 51-60

COLIMA (TIGRIDIEAE: IRIDACEAE), A NEW GENUS FROM WESTERN MEXICO AND A NEW SPECIES: *COLIMA TUITENSIS* FROM JALISCO

AARÓN RODRÍGUEZ AND LUIS ORTIZ-CATEDRAL

Departamento de Botánica y Zoología, Universidad de Guadalajara,
Apartado postal 139, 45101 Zapopan, Jalisco, México

ABSTRACT

Based on cytological, palynological, and DNA evidence, we propose the elevation of *Nemastylis* subgenus *Colima* to the generic status to include *Nemastylis convoluta*. The new genus is characterized by its united filaments, free anthers with longitudinal dehiscence, style divided into three branches with six arms at right angles, apical stigmatic surface, absence of nectaries, lack of mucro between the style arms and bisulcate pollen grains. A preliminary study based on morphological variation and DNA sequences variation suggests a close phyllogenetic relationship between *Colima* and the genera included within the subtribe Tigridiinae. However the relationships of *Colima* at the generic level are not fully resolved by the molecular analysis. Finally, we describe and illustrate a new species of *Colima* from El Tuito, Jalisco. This new species is characterized by its winged stems, pedicels, ovaries and fruits. In addition, the tepals are creamy yellow, oblanceolate with acuminate apex and a smaller androgynoecial apparatus than that of *Colima convoluta*.

Keywords: *Colima*, Iridaceae, *Nemastylis*, new genus, new species, Mexico.

RESUMEN

Con base en información citológica, palinológica y secuencias de ADN se propone la elevación de *Nemastylis* subgénero *Colima* al nivel de género para incluir en éste a *Nemastylis convoluta*. Este nuevo género se caracteriza por presentar filamentos unidos, anteras libres con dehiscencia longitudinal, estilo dividido en tres brazos con seis ramas dispuestas en ángulo recto, superficie estigmática apical, falta de nectarios, ausencia de mucrón entre las ramas del estilo y polen bisulcado. Un estudio preliminar basado en la variación de caracteres morfológicos y de secuencias de ADN, sugiere una cercana relación filogenética entre *Colima* y los géneros que integran la subtribu Tigridiinae. Sin embargo, las relaciones de *Colima* a nivel genérico no están completamente resueltas por el análisis molecular. Por último, se describe e ilustra una nueva especie del género *Colima* de El Tuito, Jalisco. En esta última los tallos, pedicelos, ovarios y frutos son alados. Además, los tépalos son de color amarillo-crema, oblanceolados con ápices acuminados y el androgineceo es más pequeño que en *Colima convoluta*.

Palabras clave: *Colima*, Iridaceae, México, *Nemastylis*, nuevo género, nueva especie.

INTRODUCTION

The tribe Tigridieae (Iridaceae) is strictly a New World group with centers of diversity in Mexico and temperate and Andean South America. Tigridieae comprises bulb forming plants with plicate leaves and a basic chromosome number of n = 7. Typical characteristics of this tribe are the elaborate structure of the anthers and distinctive style arms, which contrast with its vegetative uniformity. Based on differences of the style arms and stamens, more than 40 genera have been described, many of them monotypic (Rodríguez, 1999). The tribe is taxonomically difficult and phylogenetically poorly understood. The generic boundaries, species affiliations and phylogenetic relationships vary from one author to another (Goldblatt & Henrich, 1991; Goldblatt & Howard, 1992; Espejo & Lopez-Ferrari 1996a, 1996b; Ravenna, 1968, 1977). Thus, cladistic analysis of both morphology and molecules are needed to establish a reliable phylogeny.

Goldblatt (1982) proposed a division of Tigridiae into subtribes Cipurinae and Tigridiinae. Cipurinae possesses monosulcate pollen grains and a gametophytic number of n = 7. Conversely, bisulcate pollen grains and a gametophytic number of n = 14 characterize the subtribe Tigridiinae. However, some exceptions have been detected in cytological and palynological studies (Goldblatt & Howard, 1992; Goldblatt & Le Thomas, 1992; Kenton & Heywood, 1984; Rodríguez, 1999; Rudall & Wheeler, 1988). Moreover, the pollen morphology and the chromosome number of some species remain unknown. Thus the placement of some species within either subtribe is difficult. This highlights the necessity of a taxonomic re-evaluation, reflecting as far as possible, natural relationships within Tigridieae.

Nemastylis is a genus of five species grouped in the subtribe Cipurinae, and according to Foster (1945), is an "agglomeration of discordant elements". The only shared characteristic of its members is the androgynoecial apparatus, in which the primary style-branches oppose the anthers and outer segments of the perianth. Furthermore, the style-branches divide into two filiform arms, which straddle the opposing anthers and project beyond them. Thus, between adjoining anthers there are two closely parallel projecting style-arms originating from different style-branches.

The geographic distribution of *Nemastylis* is restricted to the United States, Mexico and Guatemala. Four species grow in the United States: *Nemastylis floridana* Small, *N. geminiflora* Nutt., *N. nutallii* Pickering and *N. tenuis* (Herb.) Baker. *Nemastylis tenuis* is widely distributed in Mexico and extends south to Guatemala. Finally, *N. convoluta* Ravenna is endemic to the state of Colima, México (Ravenna, 1968; Molseed & Cruden, 1968; McVaugh, 1989; Espejo-Serna & López-Ferrari, 1996a, b).

MOLECULAR, CYTOLOGICAL AND PALYNOLOGICAL INCONSISTENCIES

A cladistic analysis of morphological data, sequences of the internal transcribed spacers (ITS) of nuclear ribosomal DNA and three intergenic spacers of cpDNA, plus the combination of all these data, demonstrated the monophyly of Tigridieae (Rodríguez, 1999). The same study also showed *Nemastylis* to be polyphyletic, with *N. convoluta* nested within Tigridiinae and *N. tenuis* within Cipurinae.

The results of Rodríguez (1999) led us to search for more evidence to test the affiliation of *N. convoluta* to Tigridiinae. Thus, a palynological and cytological study was carried out on botanical material collected at the type locality. We found *N. convoluta* to have a sporophytic chromosome number of $2n = 28$ and bisulcate pollen grains (Rodríguez et al., 2001). In contrast, *N. tenuis* has a sporophytic chromosome number of $2n = 14$ (Molseed, 1970; Goldblatt, 1982) and monosulcate pollen grains (Rodríguez et al., 2001). Likewise, *N. geminiflora* possesses monosulcate pollen grains (Rudall & Wheeler, 1988) and a chromosome number of $2n = 56$, a shared characteristic with *N. floridana* (Goldblatt, 1982); these species could be octoploids (Goldblatt, pers. com.). The pollen grains of *N. floridana* and *N. nuttallii* are monosulcate as well (A. Rodríguez & Ortiz-Catedral, unpubl. data) however the chromosome number for *N. nuttalli* remains unknown. Unfortunately, none of these three species were included in the study of Rodríguez (1999). Further studies of these members are necessary to better understand this genus.

TAXONOMIC TREATMENT

The available evidence supports a phylogenetic relationship between *Nemastylis convoluta* and the subtribe Tigridiinae, instead of subtribe Cipurinae. However, the floral structure of *N. convoluta* does not correspond strictly to any of the genera recognized in Tigridiinae (Table 1). Even the molecular data do not resolve the sister group relationship of this taxon. Therefore, we propose the elevation of subgenus *Colima* to generic status within Tigridiinae.

Colima (Ravenna) Aaron Rodr. & L. Ortiz-Catedral, stat. nov.

Nemastylis subgen. *Colima* Ravenna, Bonplandia 2: 282. 1968.

Plants robust, glabrous, up to 43 cm high; flowering stem arising from a short-necked bulb; 1-2 branched, secondary branch if present arising from the base of cauline leaf, bearing an inflorescence at the top; bulb scales deep brown purple; cataphylls often persistent and conspicuous, papery ivory colored; stem winged or not; basal leaves 1-2, glabrous, linear-lanceolate, attenuate, plicate; second leaf, if present, about as long as the first one or smaller; cauline leaf solitary; both basal and cauline leaves surpassing the floral stem; inflorescence a single and

Table 1. Morphological comparison between *Nemastylis convoluta* and Tigridiinae genera.

	Nemastylis convoluta	*Alophia*	*Cobana*	*Fosteria*	*Sessilanthera*	*Tigridia*
Filaments	united	united	free	united	united	united or partially free
Anthers	free	coherent at base	free	free	free	free
Anther dehiscence	longitudinal	longitudinal	apical	apical	apical	longitudinal
Style	three branches bifid with style arms at right angles	three branches erect, bifid with ascending recurved style arms	three branches without subdivisions	six arms erect close together nearly parallel	three branches bifid with recurved style arms	three branches bifid with recurved style arms
Stigmatic surface	apical	apical	apical	all surface of the arms	apical	apical
Nectaries	absent	present	absent	present	absent	present
Mucro	absent	absent	absent	absent	present	present or absent
Pollen grains	bisulcate	monosulcate	bisulcate	bisulcate	bisulcate	bisulcate

terminal rhipidium, enclosed by spathes; rhipidia 1-2, secondary rhipidium if present at the top of a branch arising from the base of cauline leaf; flowers 2 to 7; pedicels about as long as the spathe, longer in fruit, erect, winged or not; ovary narrowly turbinate or clavate or triangular in front view, winged or not; perianth segments unequal, bright yellow to creamy yellow, outer tepals spreading to recurved, oblanceolate, acute or acuminate; inner tepals spreading, lanceolate or oblanceolate, acute or acuminate; nectaries absent; filaments united into a staminal column; anthers yellow; pollen grains bisulcate, ellipsoid; exine reticulate; style branches purplish to lavender, or whitish distally, cleft nearly to the base, without a mucro; fruit ellipsoid-clavate or triangular, winged or wingless; seed ovoid, chestnut colored; chromosome number $2n = 28$.

Colima convoluta (Ravenna) Aaron Rodr. & L. Ortiz-Catedral, comb. nov. (Fig. 1A, Fig. 1B, Fig. 1C)

Nemastylis convoluta Ravenna, Bonplandia 2: 282. Fig. 2A. Feb 1968. Type: Mexico. Colima: mountains with deciduous forest, 18 km on road from Colima to Manzanillo, *P. Ravenna 395* (Holotype: in Ravenna's personal herbarium - n.v.).

Nemastylis mcvaughii Molseed & Cruden, Brittonia 20: 235. Fig 1. 1968. Type: Mexico. Colima: route 110, ca 17.5 km SSW of Cd. Colima, near km 238, disturbed and non-disturbed areas in tropical deciduous woodland, ca. 500 m, 9 Jul 1966, *E. W. Molseed 449* (Holotype: UC M200434- n.v.; Isotypes: ICF- n.v., GH- n.v., MEXU, K- n.v, US- n.v).

Nemastylis molseediana T. M. Howard, Plant Life 26: 16, nom. illegit. Pl. 2, facing p. 296; fig. 50. 1970.

Additional specimens examined: MEXICO. Colima: Mt. summit near pass, ca. 11 mi SSW of Cd. Colima on Manzanillo road, 500 m, 19 Jul 1957, *R. McVaugh 15554* (MEXU, MICH, NY); municipio de Tecomán, 20 km NW de Colima sobre la carretera 54 D, 19°03' N, 104°11' W, 500 m, 14 Jul. 2001, *A. Rodríguez & L. Ortiz-Catedral 2960* (ENCB, IBUG, IEB, MEXU).

Descriptions of *Nemastylis convoluta* and *N. mcvaughii* (here considered synonymous) are detailed regarding the vegetative and floral morphology, but do not include information about pollen grains and chromosome number. As mentioned above, this species has a sponophytic chromosome number of $2n = 28$. The pollen grains are 65 x 42 µm in equatorial view.

Distribution. *Colima* is endemic to western Mexico in the states of Colima and Jalisco. The only known population of *C. convoluta* is at the type locality. It grows on calcareous hillsides SSW of the city of Colima in open and disturbed areas of tropical deciduous forest, dominated by *Neobuxbaumia mezcalensis* (Bravo) Backeberg, *Bursera* Jacq. ex L., *Cnidoscolus* Pohl. and various Leguminosae. *Hechtia laevis* L. B. Smith is a notable ground cover. *Hymenocallis* Salisb. and *Bessera* Schult. f. are common in the area. *Colima convoluta* is abundant in this locality, growing in dense groups or scattered in the middle of spiny clumps of *Hechtia laevis* bearing leaves and flowers in sunny or semi-shaded spots. However open mining activities nearby could modify this habitat and *Colima convoluta* together with the associated species could be lost.

Rodríguez et al. (1996) reported *Nemastylis convoluta* from the vicinity of El Tuito, Jalisco. However, detailed analysis of the material collected in 1996, fresh material from the same locality collected in July 2001, and a comparison with fresh material from the type locality of *C. convoluta* led us to conclude that this is an undescribed species. We propose its treatment as follows.

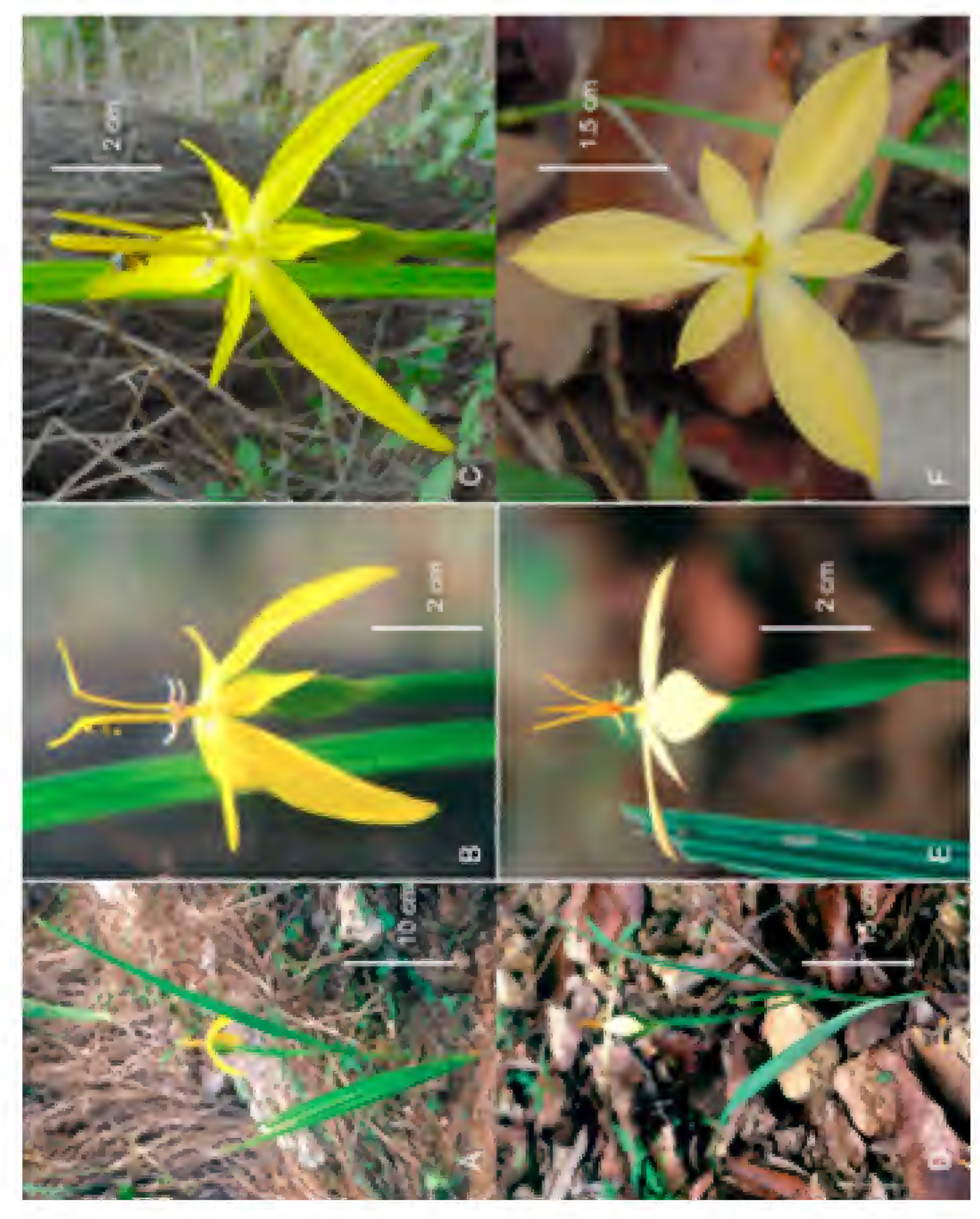


Fig. 1. A-C *Colima convoluta*. A. habit; B. flower, lateral view; C. flower, frontal view; D-F *Colima tuitensis*. D. habit; E. flower, lateral view; F. flower, frontal view. Photos by A. Rodríguez.

Colima tuitensis Aaron Rodr. & L. Ortiz-Catedral, sp. nov. (Fig. 1D, Fig.1E, Fig.1 F; Fig. 2)

Type: Mexico: Jalisco: municipio de Cabo Corrientes, km 10 sobre la brecha El Tuito-Chacala, 22°02'23" N, 105°23'24" W, 500 m, 30 Jul. 1995, *R. Ramírez-Delgadillo & J. A. Pérez de la Rosa 3390* (Holotype: IBUG; Isotypes: IEB, ENCB, MEXU, UAMIZ).

Caulis alatus usque 43 cm altus, in rhipidium 4.5 cm longum terminatus; ramus secundarius praesens ex folio caulino exortus, in rhipidium, 3.8 cm longum terminatus; flores 4 vel 8, dilute flavi; pedicelli filiformes alati, in fructu dilatati; ovarium triquetrum, alatum, 0.4 cm longum per anthesin; tepala dimorpha, dilute flava, exteriora oblanceolata, acuminata, 2-3.4 cm longa, 1 cm lata; tepala interiora oblanceolata, acuminata, 1.6 cm longa, 0.5 cm lata; filamenta connata, 0.5-0.6 cm longa; antherae luteae, 1.2-1.7 cm longae; pollinis granula bisulcata, 90 x 44 µm ab aequatore visa, elliptica; stylus et fila aequilongi; styli rami ad basim flavi, apicibus albis 0.4-0.5 cm longi; capsula triquetra, 1.1-1.5 cm longa; semina ovoidea, castanea, 0.2 cm longa; chromosomatum numerus $2n$ = 28; Julii florescet.

Plant glabrous, up to 43 cm high; bulb wide ovoid to subglobose, 4 cm long, 1.5-2 cm wide, bulb coats deep brown purple; cataphyll 3-10 cm long, 0.6-0.8 cm wide, papery ivory colored; basal leaves 1-2, glabrous, plicate, linear-lanceolate; the first basal leaf 23-40 cm long, 0.6-1 cm wide; secondary leaf if present, about as long as the first or shorter, narrowly linear; cauline leaf solitary, 15-33 cm long, 0.5-1.1 cm wide; both, basal and cauline leaves surpassing the flowering stem; stem winged, up to 43 cm long, with a rhipidium at the top, enclosed by spathes, 4.5 cm long; secondary rhipidium present, at the top of the secondary branch, 3.8 cm long; flowers 4 to 8, creamy yellow; pedicels filiform, winged, longer in fruit; ovary triangular in cross-view, winged, 0.4 cm long at anthesis; tepals unequal, outer tepals oblanceolate, acuminate, 2-3.4 cm long, 1 cm wide; inner tepals oblanceolate, acuminate, 1.6 cm long, 0.5 cm wide; filament column 0.5-0.6 cm long; anthers yellow 1.2-1.7 cm long; pollen grains 90 x 44 µm in equatorial view; style and filaments equal in length; style branches yellow at base, with white apex, 0.4-0.5 cm long; fruit a triangular capsule, 1.1-1.5 cm long; seed ovoid, chestnut, 0.2 cm long; chromosome number $2n$ = 28. Blooming in July.

Additional specimens examined: Mexico. Jalisco: municipio de Cabo Corrientes 15.5 km al W de El Tuito sobre la brecha El Tuito-Chacala, 3 km N de Zicatán, 20°19'32" N, 105°26'18" W, 445 m, 26 Jul. 1999, *R. Ramírez & A. Rodríguez 5917a* (IBUG); 15 Jul. 2001, *A. Rodríguez & L. Ortiz-Catedral 2961* (IBUG, MEXU).

Colima tuitensis is easily distinguished from *C. convoluta* in having winged stems, pedicels, ovaries and fruits. The tepals are creamy yellow, oblanceolate with

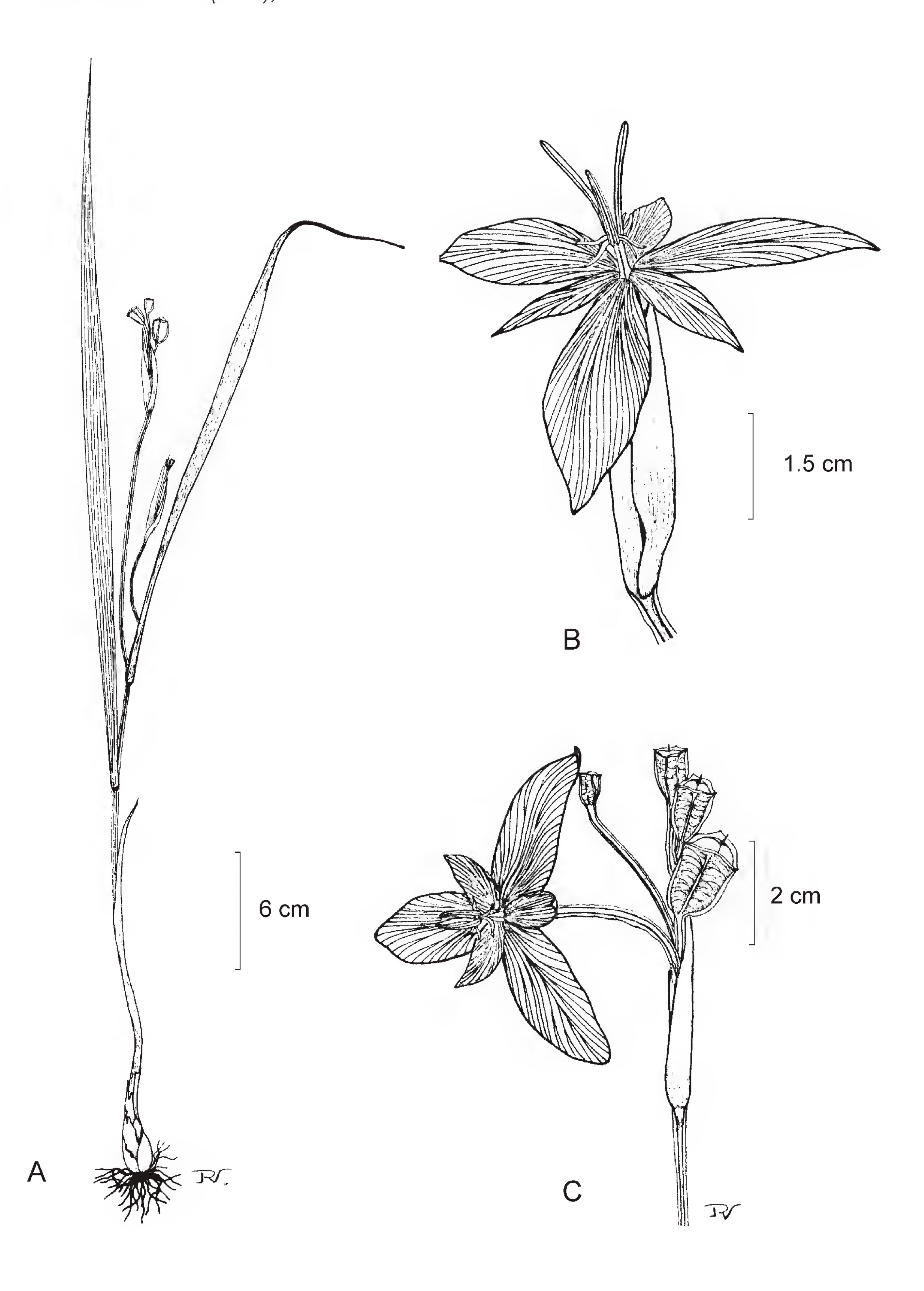


Fig. 2. *Colima tuitensis*. A. habit; *A. Rodríguez & L. Ortiz-Catedral 2961* (IBUG, MEXU); B. flower, frontal view; *R. Ramírez & A. Rodríguez 5917a* (IBUG); C. flower and fruits; *R. Ramírez & A. Rodríguez 5917a* (IBUG). Illustration by Refugio Vazquez.

acuminate apex and a smaller androgynoecial apparatus than that of *C. convoluta*. In the latter species the stems, pedicels, ovary and fruits are wingless, the tepals are bright yellow and lanceolate with acute apex. Finally, both species differ in pollen size. In equatorial view, *C. convoluta* has pollen grains of 65 x 42 µm, whereas the pollen grains of *C. tuitensis* are 90 x 44 µm. Table 2 summarizes the distinguishing characteristics of both species.

Table 2. Comparison of distinguishing characters of *Colima convoluta* and *C. tuitensis.*

	Colima convoluta	*Colima tuitensis*
Color of tepals	bright yellow	creamy yellow
Stem and pedicels	wingless	winged
Ovary and fruits	ellipsoid-clavate, wingless	triangular, winged
Outer floral bract length	6 cm	4.3 cm
Inner floral bract length	5.5 cm	3.7-4.1 cm
Anthers length	2.2-2.6 cm	1.2-1.7 cm
Outer tepals length	3.6-4.1 cm	2-3.4 cm
Inner tepals length	1.8 cm	1.6 cm
Pollen grain size (equatorial view)	65 x 42 mm	90 x 44 mm

Distribution. *Colima tuitensis* is known only from the type locality in the tropical oak forest near the towns of El Tuito and Zicatán. It grows on shady cliffs close to the road forming small dense groups or scattered in the forest. The forest is dominated by *Quercus elliptica* Née and *Q. magnoliifolia* Née. *Agave schidigera* Lem. forms a closed groundcover near the road. Although the population is numerous, the construction of new roads and soil erosion during the rainy season, could extirpate this species.

Etymology. The name refers to El Tuito, a town close to the type locality.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank Berenit Mendoza Garfias and Abisaí García Mendoza, from the Universidad Nacional Autónoma de México, Alejandro Muñoz Urias, Mollie Harker, Noemí Jiménez Reyes, Raymundo Ramírez Delgadillo, and Roberto González Tamayo from the Universidad de Guadalajara, for their support during the elaboration of this paper. We want to thank Robert Cruden, from the University of Iowa, for his valuable suggestions. Finally, we thank Refugio Vázquez Velasco for the illustration.

LITERATURE CITED

Espejo-Serna, A. & A. R. López-Ferrari. 1996a. Comentarios florístico-ecológicos sobre las iridáceas mexicanas. Acta Bot. Mex. 34: 25-47.

Espejo Serna, A. & A. R. López-Ferrari. 1996b. Las monocotiledóneas mexicanas, una sinopsis florística. 1. Lista de referencia. Parte IV. Consejo Nacional de la Flora de México, A. C., Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 116 pp.

Foster, R. C. 1945. Studies in the Iridaceae, III. Contr. Gray Herb. 65: 3-72.

Goldblatt, P. 1982. Chromosome cytology in relation to suprageneric systematics of Neotropical Iridaceae. Syst. Bot. 7: 186-198.

Goldblatt, P. & J. E. Henrich. 1991. *Calydorea* Herbert (Iridaceae-Tigridieae): notes on this new world genus and reduction to synonymy of *Salpingostylis*, *Cardiostigma*, *Itysa* and *Catila*. Ann. Missouri Bot. Gard. 78: 504-511.

Goldblatt P. & T. M. Howard. 1992. Notes on *Alophia* (Iridaceae) and a new species, *A. veracruzana*, from Vera Cruz, Mexico. Ann. Missouri Bot. Gard. 79: 901-905.

Goldblatt P. & A. Le Thomas. 1992. Pollen apertures, exine sculpturing and phylogeny in Iridaceae subfamily Iridoideae. Rev. Palaeobot. Palynol. 75: 301-315.

Kenton, A. & C. A. Heywood. 1984. Cytological studies in South American Iridaceae. Pl. Syst. Evol. 146: 87-104.

McVaugh, R. 1989. Bromeliaceae to Dioscoreaceae. In: Anderson, W. R. (ed.). Flora Novo-Galiciana 15. The University of Michigan Herbarium. Ann Arbor, MI. pp. 294-347.

Molseed, E. & R. W. Cruden. 1968. A new species of *Nemastylis* (Iridaceae) from Mexico. Brittonia 20: 235-237.

Molseed, E. 1970. The genus *Tigridia* (Iridaceae) of Mexico and Central America. Univ. Calif. Publ. Bot. 54: 1-113.

Ravenna, P. F. 1968. Notas sobre Iridaceae III. Bonplandia 2: 273-291.

Ravenna, P. F. 1977. Neotropical species threatened and endangered by human activity in the Iridaceae, Amaryllidaceae and allied bulbous familes. In: Prance, G. T., & T. S. Elias (eds.). Extinction is forever. New York Botanical Garden. New York. pp. 257-266

Rodríguez, A., O. Vargas, E. Villegas & K. J. Sytsma. 1996. Nuevos informes de iridáceas (Tigridieae) en Jalisco. Bol. Inform. Inst. Bot. Univ. Guadalajara 4: 39-47.

Rodríguez, A., N. Jiménez-Reyes & L. Ortiz-Catedral. 2001. Morfología polínica y citología de *Nemastylis convoluta*: sus consecuencias filogenéticas. Resúmenes XV Congreso Mexicano de Botánica, Querétaro, Qro.

Rodríguez, A. 1999. Molecular and morphological systematics of the "tiger-flower" group (Tribe Tigridieae: Iridaceae), biogeography and evidence for the adaptative radiation of the subtribe Tigridiinae. Ph. D. Thesis. University of Wisconsin-Madison. 225 pp.

Rudall, P. & A. Wheeler. 1988. Pollen morphology in Tigridieae (Iridaceae). Kew Bull. 43: 693-701.

Recibido en enero de 2003.

Aceptado en octubre de 2003.

Acta Botanica Mexicana (2003), 65: 61-82

FITOSOCIOLOGÍA Y FITODIVERSIDAD DE LA LAGUNA QUILA, PARQUE NACIONAL LAGUNAS DE ZEMPOALA, MÉXICO

GERALD ISLEBE
ECOSUR, Apdo. Postal 424, 77000, Chetumal, México
y Hugo de Vries-Lab., Universidad de Amsterdam
Kruislaan 318, 1098 SM Amsterdam, Holanda

LUCÍA ALMEIDA-LEÑERO
Programa ECOMMEX. Laboratorio de Biogeografía
Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México
04510, México, D.F., México

ANTOINE M. CLEEF, RONALD TER WEIJDEN,
Hugo de Vries-Lab., Universidad de Amsterdam
Kruislaan 318, 1098 SM Amsterdam, Holanda

RESUMEN

Se efectuaron 59 levantamientos fitosociológicos en la Laguna Quila, del Parque Nacional "Lagunas de Zempoala", México, según el método Zürich-Montpellier. Se identificaron y describieron 11 comunidades, separadas en una fase "acuática" y en una "helofítica". Se encontró un gradiente de profundidad con dirección norte-sur y se observó una continua desecación del cuerpo de agua. Se elaboró un mapa de vegetación en escala 1: 1900. Se enlistan un total de 21 familias, 33 géneros y 41 especies de plantas vasculares. Las familias mejor representadas son Cyperaceae con siete especies y Ranunculaceae con cuatro. Desde el punto de vista fitogeográfico, a nivel genérico el componente templado alcanza 65%, el cosmopolita 30%, mientras que el tropical 5%. Las especies del área estudiada tienen distribución amplia, presentándose en lagunas e hidroseries de México y de zonas templadas de América. Las comunidades acuáticas están desapareciendo muy rápidamente en todo el país; por lo que es fundamental entender la dinámica y el manejo adecuado de este recurso. A fin de proteger la laguna se recomienda controlar urgentemente el bombeo de agua y reducir el pastoreo así como eliminar otras actividades que la afecten indirectamente.

Palabras clave: conservación, fitodiversidad, fitogeografía, fitosociología, Laguna Quila, México.

ABSTRACT

A phytosociological study of 59 relevés was carried out at Laguna Quila, National Park Lagunas de Zempoala, México, using the Zürich-Montpellier approach. Eleven communities were identified and described. A distinction was made between a submerged

and a helophytic hydroseral vegetation. A pronounced humidity gradient was identified in a north-south direction, and also a continuous desiccation was observed. A vegetation map scale 1:1900 is included. 21 families of vascular plants including 41 species and 33 genera have been identified. Families best represented include Cyperaceae with seven species and Ranunculaceae with four species. Phytogeographical analysis on the generic level revealed that the temperate component reached 65%, the cosmopolitan 30% and the tropical 5%. The species of Laguna Quila have a wide distribution in Mexican hydroseries and elsewhere in temperate America. Aquatic and semi-aquatic communities are vanishing rapidly in Mexico, and it is important to understand the dynamics for adequate management of this natural resource. In order to protect this lake it is recommended to control the water extraction of the laguna, to exclude cattle and other activities who can affect indirectly Laguna Quila.

Key words: conservation, Laguna Quila, Mexico, phytodiversity, phytosociology, phytogeography.

INTRODUCCIÓN

Los ambientes acuáticos y su vegetación son de los ecosistemas que en México están más afectados por la influencia humana (Rzedowski, 1978). Es importante conocer estos recursos acuáticos fitosociológicamente para generar clasificaciones de grupos ecológicos que pueden indicar las condiciones ambientales en que se encuentran.

El presente trabajo contiene los resultados del estudio fitosociológico, análisis fitogeográfico y del mapeo de vegetación efectuados en la Laguna Quila del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México, cuyo objetivo es contribuir al conocimiento de las comunidades vegetales subacuáticas, acuáticas y helofíticas en la región central del Eje Neovolcánico. Constituye la base para monitorear la dinámica de la fitodiversidad de estas comunidades en el futuro.

LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Parque Nacional Lagunas de Zempoala se encuentra en la región limítrofe entre los estados de México y Morelos, 65 km al sur de la ciudad de México (Fig. 1), ocupa un área de 4669 ha (Sosa, 1935), dentro de la subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac de la parte meridional central del Eje Volcánico Transmexicano (Anónimo, 1979). El relieve del parque es montañoso y su punto más alto es el Cerro Zempoala cuya cúspide alcanza 3680 m s.n.m. Los cuerpos acuáticos del área son las lagunas de Quila, Zempoala, Compila, Tonatihua, Seca, Prieta y Hueyapan (Anónimo, 1987; Bonilla, 1992).

La Laguna Quila, localizada a 3010 m s.n.m. (19°4.5', N 99°18.9' W), tiene una extensión de 5.2 ha, está situada en un valle pronunciado, rodeado por un bosque de *Pinus montezumae*, sin embargo, en la vertiente occidental se talaron los árboles y actualmente esta zona está convertida en pastizal. La laguna es

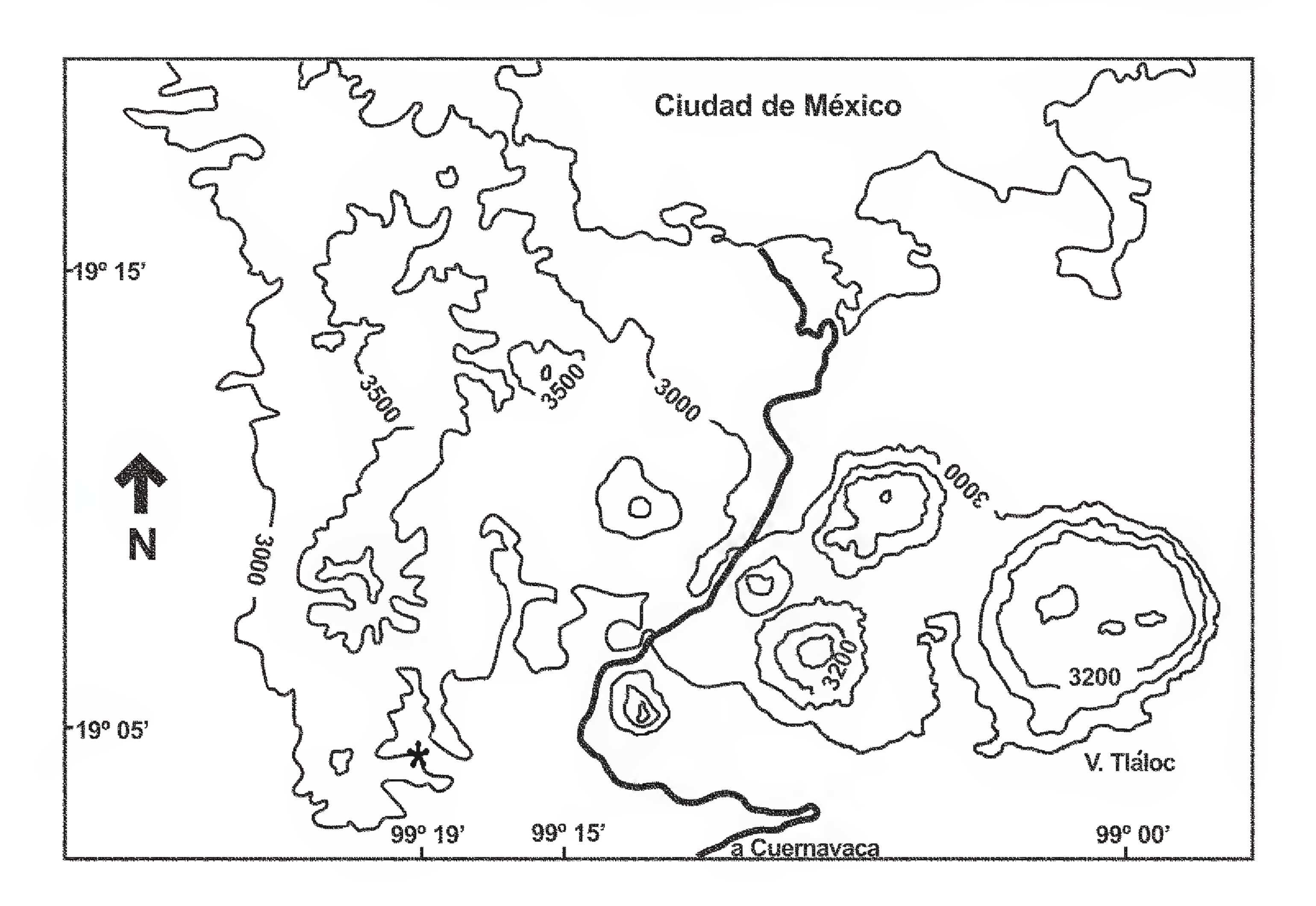


Fig. 1. Localización de la Laguna Quila, Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México, señalada por el asterisco.

alimentada de forma natural por dos corrientes en la ladera norte, también presenta un resumidero que controla el nivel freático, el cual se formó cuando se construyó la infraestructura para la extracción del agua. Tanto por la razón anterior, como debido a los cambios entre la época seca y la de lluvias, el nivel del agua en la laguna varía considerablemente. En los últimos años se ha observado una desecación progresiva por la extracción de agua, lo que afecta directamente a la vegetación.

El área de estudio tiene un clima semifrío subhúmedo Cb'(m)(w)ig, según la clasificación de Köppen, modificada por García (1988), y de acuerdo con la información recabada de la estación climática Tres Cumbres (localizada a 2810 m s.n.m., a 10 km al este de la laguna). El clima es típico de las montañas próximas al límite norte del neotrópico, caracterizado por la notable fluctuación diaria de la temperatura, presenta un régimen de lluvias de verano (de abril a octubre), con influencia de monzón, con menos de 5% de precipitación invernal, con verano fresco y largo, isotermal y con marcha de temperatura tipo Ganges. El promedio anual de temperatura es del orden de 5° a 12° C. El gradiente regional de temperatura es de alrededor de 0.57° C por cada 100 m de altitud, valor registrado por Lauer y Klaus (1975) en el volcán Pico de Orizaba.

El suelo rocoso en esta área es de origen ígneo, de la formación Andesita-Zempoala, de edad Miocénica tardía-Pliocénica (Fries, 1960). El sustrato de la Laguna Quila está constituido por arcilla con alto porcentaje de materia orgánica de tipo hidromorfo (Etchevers, 1985), mientras que el suelo dominante alrededor de la laguna es de la categoría de andosol (Anónimo, 1979).

MÉTODOS

Se realizaron 59 levantamientos de vegetación, de acuerdo con los lineamientos de la escuela fitosociológica Zürich-Montpellier (Braun-Blanquet, 1979). Este método ha sido utilizado en Colombia para ambientes similares (Cleef, 1981; Wijninga et al., 1989). El área mínima muestreada fue hasta de 4 m^2, se determinó la cobertura por estrato y por especie en porcentaje, en relación a la superficie del levantamiento (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974). Además se registró la forma de vida de cada especie y el valor de pH del sustrato de todas las comunidades. Se colectaron cuatro ejemplares de cada una de las plantas, la determinación de las especies se hizo de acuerdo con Rzedowski y Rzedowski (1979, 1985, 1990). Los ejemplares están depositados en el herbario de la Facultad de Ciencias (FCME) de la Universidad Nacional Autónoma de México.

El cuadro fitosociológico se organizó según los criterios establecidos por la escuela antes citada, en la que se combina la presencia y abundancia de especies diagnósticas y acompañantes con los datos de cobertura, estos últimos se expresaron en porcentajes reales promedio; el signo "<1" fue usado para valores menores de 1%. No fue posible asignar las comunidades descritas a los grupos reconocidos a nivel de asociación, ya que para tal propósito es necesario realizar un mayor número de levantamientos y muestrear en las diferentes estaciones del año. Se elaboró un mapa de comunidades a escala 1:1900.

RESULTADOS

En la Laguna Quila, se registró la existencia de una hidroserie con 11 comunidades distintas que contienen 41 especies ubicadas en 33 géneros, pertenecientes a 21 familias de plantas vasculares. Se observan dos divisiones mayores en el cuadro fitosociológico (Cuadro 1), con un complejo de comunidades en el medio acuático y en el terrestre que se separan en una fase "acuática" (1 a 4) y una "helofítica" (5 a 11).

La fase acuática se caracteriza por la presencia de hidrófitos enraizados sumergidos y emergentes con coberturas entre 70 y 100% (en ocasiones 30-60%). Son frecuentes las plantas con hojas flotantes incluyendo a pleustófitos como (*Lemma* cf. *gibba*) y a otras que crecen sobre detritos pero enraizadas libremente en el agua (*Cardamine flaccida*).

Florísticamente tal grupo de comunidades se caracteriza por la presencia constante de *Potamogeton illinoensis*, *Myriophyllum aquaticum* y *Eleocharis densa*. Estas plantas se presentan en el cuadro a nivel sintaxonómico de alianza, orden y clase, ya que comparten el mismo ambiente acuático. El número de especies generalmente es muy limitado (entre 3 y 6) y aumenta gradualmente en la comunidad de *Myriophyllum aquaticum* y *Arenaria paludicola*, que constituye claramente la transición hacia la porción terrestre. La profundidad del agua varía entre 1 y 15 cm. Los sustratos son arcillosos negros por el contenido orgánico, la perturbación causada por el ganado es limitada.

La fase terrestre incluye a las comunidades 5 a 11; se caracteriza fisonómicamente por la abundancia de helófitos (hasta 90%), con un estrato predominante de hierbas bajas (50-100% de cobertura). Para este grupo de comunidades son diagnósticas: *Juncus ebracteatus*, *Cardamine flaccida*, *Ranunculus hydrocharoides*, *Medicago polymorpha*, *Mimulus glabratus*, *Ranunculus dichotomus*, *Hydrocotyle ranunculoides* y *Epilobium ciliatum*; también son características las bajas coberturas de *Arenaria paludicola* (hasta 3%). Además, se presentan *Polypogon viridis*, *Ranunculus cymbalaria*, *Sisyrinchium scabrum*, *Lachemilla pectinata*, *Pedicularis mexicana*, *Cyperus niger*, *Carex marianensis*, *Plantago australis* ssp. *hirtella* y *Cotula mexicana*. *Eleocharis montevidensis* se registra en las comunidades 8 a 10, alcanzando alta cobertura (40-90%) en la 8.

Es manifiesto que la cantidad de especies de plantas vasculares es más elevada en la fase terrestre (entre 4 y 16) en comparación con la acuática (entre 3 y 6), hecho que en parte es causado por la perturbación. Además, la fase terrestre de la laguna ofrece mayor variedad de hábitats para más especies que toleran un período corto de sumersión en la época de lluvias. La frecuencia elevada de plantas muertas es una característica clásica de una hidroserie (especialmente en las comunidades 6, 7 y 10).

La comunidad 11, de *Arenaria paludicola* y *Eleocharis macrostachya*, que solamente se muestreó con dos levantamientos muy pobres en especies (3-4), comparte la presencia de *Arenaria paludicola* y *Veronica americana*, en las comunidades 6 a 10.

La distribución espacial de las comunidades se documenta con un mapa de vegetación de la laguna a escala 1: 1900 (Fig. 2).

En opinión de los autores no es oportuno denominar oficialmente los syntaxa solamente con base en la hidroserie de la Laguna Quila. Para una clasificación adecuada es necesario disponer de más datos de otras lagunas de zonas elevadas en México. A continuación se describen la fisionomía, estructura, composición florística, sinecología y distribución de las 11 comunidades reconocidas de la hidroserie de la Laguna Quila.

Vegetación Acuática

1. Comunidad de *Myriophyllum aquaticum* y *Potamogeton illinoensis*
Cuadro 1 (levantamientos: 11, 13, 46)

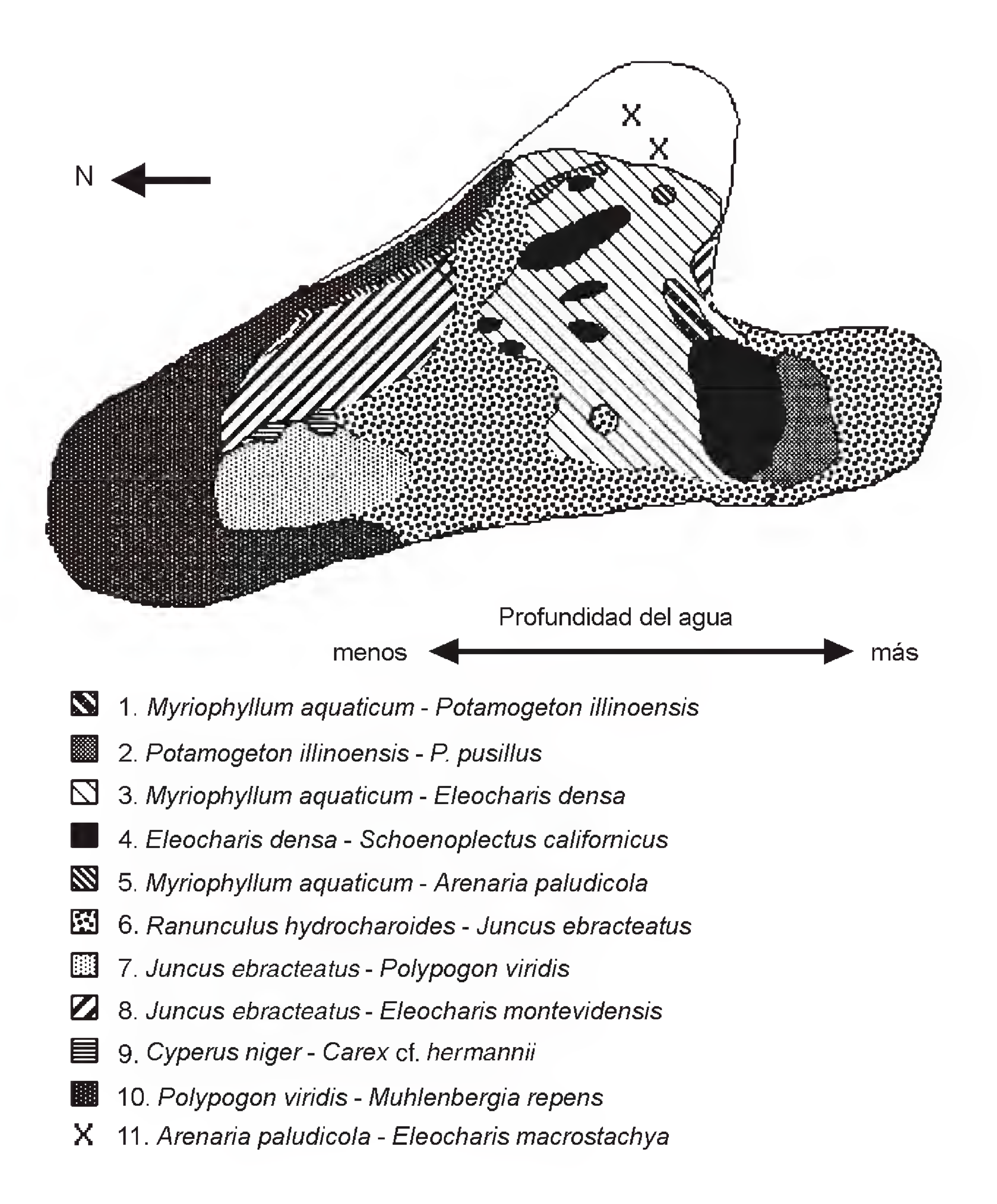


Fig. 2. Mapa de distribución escala 1: 1900 de las comunidades vegetales de la Laguna Quila, Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México, durante la época seca.

Fisionomía: La cobertura total del estrato flotante varía entre 5 y 90%, la altura de éste sobre el nivel del agua es de 1cm; la cobertura del estrato sumergido es de alrededor de 30%.

Composición: *Potamogeton illinoensis* es la especie diagnóstica y dominante con cobertura promedio de 30%. *Myriophyllum aquaticum* es la subdominante con

cobertura hasta de 30%. Se registraron asimismo *Cardamine flaccida*, *Lemna* cf. *gibba*, *Hydrocotyle ranunculoides* y *Berula erecta*, todas ellas de ubicación marginal.

Sinecología y distribución: Esta comunidad está escasamente representada y no cubre más de 4 m^2. El pH del substrato presentó un valor de 6. La cobertura de las plantas muertas varía entre 5 y 50% y se observó perturbación por ganado. *Potamogeton illinoensis* es habitante de aguas dulces tranquilas de lagos de profundidad limitada, hasta los 2250 m s.n.m. y en peligro de desaparecer de la Cuenca de México (Novelo y Lot, 1990). En Colombia esta especie es muy común en lagos de la Sabana de Bogotá, hasta los 3450 m s.n.m. (Cleef, 1981). *Cardamine flaccida* se registra en un intervalo altitudinal de 2600 a 4100 m s.n.m. (Rzedowski y Rzedowski, 1979), esta última especie se dispersa solamente por el agua, mientras que la diseminación de *Lemna gibba* se efectúa por medio del viento y del agua.

2. Comunidad de *Potamogeton illinoensis* y *P. pusillus*
Cuadro 1 (levantamientos: 7, 8, 10)

Fisionomía: La cobertura total promedio es de 90% y la de las algas filamentosas es de ca. 70%, la del estrato herbáceo bajo es de ca. 5%, la del estrato flotante varía entre 1 y 5%, y la del sumergido entre 60 y 100%.

Composición: La especie prevaleciente y diagnóstica es *Potamogeton pusillus* (cobertura de 60-90%). Son subdominantes *Potamogeton illinoensis* (10%) y *Myriophyllum aquaticum* (<1 a 5%). Aparece también *Eleocharis densa* con cobertura de 5%. Las algas acuáticas son las predominantes con 40 a 90% de cobertura.

Sinecología y distribución: La profundidad promedio del agua es de 10 cm, el pH del sustrato de 6.2, se encontraron señales de pastoreo. Novelo y Lot (1990) registran a *Potamogeton pusillus* hasta los 2250 m s.n.m. en la Cuenca de México y *Eleocharis densa* se presenta entre 2200-2400 m s.n.m. (González, 1990). Es muy probable que esta última alcance en la Laguna Quila el límite altitudinal superior de su distribución.

3. Comunidad de *Myriophyllum aquaticum* y *Eleocharis densa*
Cuadro 1 (levantamientos: 3, 4, 5, 6, 9, 16, 35, 62)

Fisionomía: La cobertura total alcanza hasta 90%, la del estrato herbáceo alto, representada por *Typha latifolia*, llega a 60% (con una altura de 95 cm en el levantamiento 35). El estrato herbáceo bajo se presenta hasta con 90%, principalmente con *Eleocharis densa* y con altura promedio de 55 cm. La cobertura del estrato flotante es hasta de 15%, la del sumergido hasta 70% y la de plantas muertas hasta 60%.

Composición: La especie prevaleciente es *Eleocharis densa* (cobertura promedio de 55%). *Myriophyllum aquaticum* es subdominante con cobertura promedio de 5% y *Potamogeton illinoensis* hasta de 70%. *Typha latifolia* está representada por un solo manchón en esta comunidad (1 x 2 m). Con coberturas bajas están: *Potamogeton pusillus*, *Schoenoplectus californicus*, *Cardamine flaccida*, *Ranunculus hydrocharoides* y *Polygonum punctatum*. Las primeras dos especies marcan la transición hacia las comunidades 2 y 4 respectivamente.

Sinecología y distribución: La profundidad promedio del agua es de 10 cm y el pH del sustrato es de 6.5.

4. Comunidad de *Eleocharis densa* y *Schoenoplectus californicus*
Cuadro 1 (levantamientos: 14, 15, 36, 37, 41, 61, 63, 64, 65)

Fisionomía: La cobertura total alcanza hasta 100%. La altura del estrato herbáceo alto varía entre 95 y 250 cm, con cobertura de hasta 60%. La del estrato herbáceo bajo es hasta de 90% y su altura promedio de 55 cm, la del estrato flotante alcanza hasta 15% y la del sumergido hasta 5%.

Composición: Las especies diagnósticas son *Schoenoplectus californicus* con una cobertura hasta de 60% y *Eleocharis densa* hasta de 50%. *Myriophylllum aquaticum* (hasta de 15%) aparece sumergida y enraizada y *Potamogeton illinoensis* se presenta con coberturas muy bajas. Además se encuentran en el borde de la comunidad *Juncus ebracteatus* (5 a 40%), *Ranunculus hydrocharoides*, *Berula erecta* y *Arenaria paludicola*.

Sinecología y distribución: La profundidad media del agua es de 8 cm y el pH del sustrato es de 6.5. Las plantas muertas cubren hasta 15%. González (1990) registra a *Schoenoplectus californicus* (tule) en un intervalo altitudinal entre 2200 y 2400 m s.n.m. Esta especie está ampliamente distribuida por toda América (Steubing et al., 1980; Wijninga et al., 1989; Rangel y Aguirre, 1983; Cleef y Hooghiemstra, 1984).

Vegetación Helofítica

5. Comunidad de *Myriophyllum aquaticum* y *Arenaria paludicola*
Cuadro 1 (levantamientos: 33, 38, 39, 40, 44).

Fisionomía: El estrato herbáceo bajo registra una cobertura total hasta de 100%, con una altura entre 20 y 70 cm; la del estrato alto es de 30% mismo que está constituido por *Schoenoplectus californicus* que alcanza una altura de 250 cm, las plantas muertas cubren hasta 5%.

Composición: La combinación diagnóstica es la dominancia de *Arenaria paludicola* (con cobertura hasta de ca. 90%) junto con la presencia de *Myriophyllum aquaticum* (5%). Se encuentran además *Veronica americana* (hasta 5%), *Eleocharis densa* (entre 5 y 40%) y *Juncus ebracteatus* con coberturas de hasta 25%. Esta comunidad es indicativa de la transición a la fase terrestre de la laguna. Entre las especies que aparecen favorecidas por el pisoteo de ganado están: *Cardamine flaccida*, *Ranunculus hydrocharoides* y *Mimulus glabratus*.

Sinecología y distribución: La comunidad se encuentra en los límites con el pastizal, siendo de fácil acceso para el ganado en la época seca. El pH del sustrato es de 6.5. *Arenaria paludicola* está registrada de praderas húmedas y pantanos de la Cuenca de México (Rzedowski y Rzedowski, 1979), aparece frecuentemente en orillas perturbadas del río Lerma. *Veronica americana* no es muy abundante, aunque está ampliamente distribuida en Norteamérica y en el noreste de Asia (Rodríguez-Jiménez, 1985).

6. Comunidad de *Ranunculus hydrocharoides* y *Juncus ebracteatus*
Cuadro 1 (levantamientos: 1, 2, 12, 17, 18, 19, 26, 45)

Fisionomía: La cobertura total es de 30 a 100% y corresponde a la del estrato herbáceo bajo, con una altura media de 25 cm. El estrato sumergido constituido por *Potamogeton illinoensis* solamente se encuentra en el levantamiento 12 con cobertura de 10%. Las plantas muertas alcanzan a cubrir hasta 20% de la superficie.

Composición: La combinación de las especies *Juncus ebracteatus* con cobertura promedio de 60%, *Ranunculus hydrocharoides* e *Hydrocotyle ranunculoides* con 1% es diagnóstica. Existe una variante con *Cardamine flaccida* (levantamientos: 12, 19, 26, 45) con hasta 40% de cobertura; asociadas a esta especie están *Plantago australis* ssp. *hirtella* y *Cotula mexicana*. La otra variante (levantamientos: 1, 2, 17, 18) se caracteriza por coberturas entre 50 y 100% de *Juncus ebracteatus*, por la presencia conspicua de *Arenaria paludicola* y la cobertura limitada de *Eleocharis densa*, *Polypogon viridis* y *Veronica americana*.

Sinecología y distribución: Esta comunidad, que se encuentra en parte perturbada, se presenta a 4-5 cm de profundidad. *Juncus ebracteatus*, especie dominante en la laguna, se encontró tanto en las partes más húmedas del centro de ésta como en las más secas del pastizal. Esta especie tiene una distribución altitudinal en México entre 2250 y 3650 m (Galván, 1990) y una repartición geográfica hasta el sur de Bolivia (Balslev, 1982). *Ranunculus hydrocharoides* se conoce desde el suroeste de Estados Unidos hasta la Sierra de los Cuchumatanes en Guatemala, donde se asocia con *Cardamine flaccida* en arroyos hasta los 3200 m s.n.m. (Islebe et al., 1995). *Hydrocotyle ranunculoides* presenta una amplia distribución geográfica y altitudinal en todo el continente americano, en el páramo colombiano está asociada a hidroseries (Cleef, 1981).

7. Comunidad de *Juncus ebracteatus* y *Polypogon viridis*
Cuadro 1 (levantamientos: 23, 24, 25, 28, 30, 32)

Fisionomía: La cobertura total fluctúa entre 50 y 100%. La altura del estrato herbáceo bajo varía entre 20 y 50 cm y la cobertura de vegetales muertos es de 2%.

Composición: Las plantas dominantes son *Polypogon viridis* y *Juncus ebracteatus*; es diagnóstica la combinación de ambas especies con coberturas entre 20 y 50%.

Sinecología y distribución: El sustrato tiene pH de 5.6 y la comunidad está bastante afectada por el pisoteo del ganado que pastorea en la zona terrestre. *Carex marianensis*, también presente, es una especie propia de lugares pantanosos en los bosques de *Pinus* entre los 2600 y 2900 m s.n.m. (González, 1990).

8. Comunidad de *Juncus ebracteatus* y *Eleocharis montevidensis*
Cuadro 1 (levantamientos: 57, 58, 59, 60)

Fisionomía: La altura del estrato herbáceo bajo varía entre 30 y 40 cm, la cobertura total alcanza hasta 100% y la de las plantas muertas es menor de 1%.

Composición: la combinación diagnóstica es *Juncus ebracteatus* (2 a 10%) y *Eleocharis montevidensis* con cobertura de 40-90%. Las demás especies con valores bajos son: *Medicago polymorpha*, *Arenaria paludicola*, *Ranunculus cymbalaria*, *Sisyrinchium scabrum*, *Lachemilla pectinata*, *Pedicularis mexicana* y *Plantago australis* ssp. *hirtella*. Localmente son codominantes *Cyperus niger* y *Eleocharis montevidensis* (levantamiento 60).

Sinecología y distribución: En esta comunidad el pH del sustrato es de 6.4. *Medicago polymorpha* es una maleza indicativa de disturbio causado por el pastoreo del ganado.

9. Comunidad de *Cyperus niger* y *Carex* cf. *hermannii*
Cuadro 1 (levantamientos: 31, 34, 54, 55, 56)

Fisionomía: La cobertura total varía entre 80 y 100% y corresponde con la del estrato herbáceo que tiene una altura media de 55 cm. La cobertura de plantas muertas es de <1%.

Composición: Son diagnósticas *Carex* cf. *hermannii* con cobertura de 40 a 90% y *Cyperus niger* (hasta 50%), la cual es codominante con *Eleocharis montevidensis*. Son frecuentes en esta comunidad: *Arenaria paludicola*, *Polypogon viridis*, *Sisyrinchium scabrum*, *Lachemilla pectinata* y *Pedicularis mexicana*. El

musgo acuático *Drepanocladus aduncus* alcanza una cobertura de 40%. Es también diagnóstica la ausencia de *Cotula mexicana*, *Cardamine flaccida*, *Ranunculus hydrocharoides* y *Mimulus glabratus*.

Sinecología y distribución: la comunidad aparece en manchones en las partes menos húmedas de la Laguna Quila. En la estación de lluvias, cuando sube el nivel del agua, el estrato de los musgos está sumergido. El pH del sustrato es de 6.3 y se registró perturbación por pastoreo. González (1990) indica que *Cyperus niger*, además de encontrarse en condiciones húmedas, aparece en los bosques de *Quercus*, *Pinus-Quercus* y de *Abies*, distribuyéndose desde Canadá hasta Sudamérica. *Eleocharis montevidensis* también está registrada para bosques de *Abies* (González, 1990). Rzedowski y Rzedowski (1990) consideran a *Sisyrinchium scabrum* indicadora de perturbación y Rodríguez-Jiménez (1985) cita a *Pedicularis mexicana* como planta escasa en el Valle de México. El único musgo helofítico hallado en la Laguna Quila, *Drepanocladus aduncus*, tiene una distribución amplia en las zonas templadas de América, así como en otras partes del mundo.

10. Comunidad de *Polypogon viridis* y *Muhlenbergia repens*
Cuadro 1 (levantamientos: 27, 29, 47, 48, 49)

Fisionomía: La cobertura total varía entre 85 y 100%, corresponde con la del estrato herbáceo bajo, la de las plantas muertas alcanza hasta 30%.

Composición: Es diagnóstica la presencia y cobertura de *Muhlenbergia repens* (15-60%). *Polypogon viridis* presenta hasta 40%. *Juncus arcticus* var. *mexicanus* (hasta 30%), *Carex marianensis*, *Eryngium ranunculoides*, *Gentiana ovatiloba*, *Plantago australis* ssp. *hirtella*, *Commelina* sp. y *Senecio* sp., tienen coberturta limitada.

Sinecología y distribución: El pH del sustrato es de 5.5. *Muhlenbergia repens,* con una distribución altitudinal de 2200 a 2500 m s.n.m. en la Cuenca de México, indica pisoteo por ganado y perturbación (Herrera y Rzedowski, 1990). *Polypogon viridis* y *Epilobium ciliatum* son plantas introducidas del Viejo Mundo (Acosta-Castellanos, 1990), distribuyéndose esta última desde Alaska hasta Guatemala (Rzedowski y Rzedowski, 1985).

11. Comunidad de *Arenaria paludicola* y *Eleocharis macrostachya*
Cuadro 1 (levantamientos: 42 y 43)

Fisionomía: La altura del estrato herbáceo varía entre 25 y 30 cm. La cobertura total es de 100% y la de las plantas muertas de <1%.

Composición: *Eleocharis macrostachya* es el elemento dominante y diagnóstico con cobertura de 100%. Los acompañantes de escasa participación

cuantitativa son *Veronica americana* y *Arenaria paludicola.* La comunidad es pobre en especies (4 por levantamiento).

Sinecología y distribución: Esta vegetación forma manchones muy pequeños y está severamente afectada por el pisoteo del ganado. *Eleocharis macrostachya* está registrada de 2240 a 2500 m s.n.m. como especie acuática o de suelo húmedo (González, 1990); se presenta en las montañas tropicales de América hasta la zona alpina, con una distribución desde el sur de los Estados Unidos hasta Argentina (Cleef, 1981).

DISCUSIÓN

Las especies de esta laguna forman diferentes tipos de comunidades en función del hábitat y de la dinámica de la sucesión espacial y temporal. La vegetación registrada es principalmente de pantano y en menor proporción propiamente acuática.

De las 11 comunidades descritas, las tres semiacuáticas ocupan un área muy limitada (Fig. 2). Éstas son: *Myriophyllum aquaticum* y *Potamogeton illinoensis* (1), la cual seguramente ocupó una superficie mayor antes de la extracción del agua; la de *Cyperus niger* y *Carex* cf. *hermannii* (9), que cubre un área mayor en la Laguna Zempoala que en la Laguna Quila, por estar esta última en proceso de desecación; y la de *Arenaria paludicola* y *Eleocharis macrostachya* (11), comunidad que está espacialmente muy reducida, ya que la extracción del agua de la laguna favoreció el pastoreo.

En la transición de la vegetación acuática a la helofítica se observa que en los lugares más húmedos es favorecida *Eleocharis densa*, mientras que las especies características de la comunidad de *Juncus ebracteatus* van desapareciendo.

La comunidad de *Polypogon viridis* y *Muhlenbergia repens* (10) cubre gran parte del área con mayor perturbación. Ésta, junto con la de *Juncus ebracteatus* y *Polypogon viridis* (7), conforman el límite hacia el pastizal en las vertientes deforestadas. En el caso de la comunidad de *Myriophyllum aquaticum* y *Arenaria paludicola* (5) se observó que el ganado afecta esta vegetación al entrar a la zona helofítica en la estación seca. Asimismo, se registró que los manchones de *Schoenoplectus californicus* muchas veces se encontraron dañados en los lugares menos profundos.

No fue posible efectuar una clasificación fitosociológica para definir la posición sintaxonómica de las comunidades descritas en la Laguna Quila, ya que los estudios de la vegetación acuática y subacuática para esta altitud en México son muy escasos. Sin embargo, es factible concluir que las comunidades acuáticas aparentemente pertenecen a la clase Potametea y las de helófitas tienen más afinidad con la clase Phragmitetea, ambas entidades sintaxonómicas han sido registradas para zonas templadas del hemisferio norte (Hartog y Segal, 1964).

Ecología. En la Laguna Quila, por encontrarse a mayor altitud, la temperatura media anual es menor que en las otras lagunas del Parque Nacional, siendo más impactantes las heladas frecuentes (durante enero y febrero). Además, por estar situada en una depresión del terreno y donde fácilmente se acumulan las masas de aire frío durante la noche, se afecta la marcha de temperatura diaria. Estas condiciones posiblemente han influido sobre la riqueza vegetal, ya que se ha observado que la Laguna Zempoala presenta mayor diversidad de hábitats y tiene más especies que la de Quila. Dadas las grandes diferencias estacionales tanto en la distribución como en la composición florística de las comunidades (Bonilla, 1992), se sugiere realizar muestreos tanto en la época de lluvias como de secas.

El pH promedio de los sustratos es de 6.3. Estos datos son similares a los encontrados por Bonilla (1992) en la Laguna de Zempoala, quien registró valores medios entre 5.5 y 6, y a los señalados por González y Rzedowski (1983). Es posible reconocer un gradiente de profundidad del agua en el sentido norte-sur en la Laguna Quila (Fig. 2). En la zona sur se localizan las comunidades acuáticas y en la norte aquellas de condiciones relativamente más secas.

Fitodiversidad. Las familias mejor representadas en esta laguna son Cyperaceae con 7 especies, Ranunculaceae con 4, Compositae, Gramineae, Scrophulariaceae y Umbelliferae con 3 y Juncaceae, Polygonaceae y Potamogetonaceae con 2; todas las demás familias aparecen con una sola (Cuadro 2). Los géneros con mayor número de especies son *Eleocharis* y *Ranunculus*. Las plantas más frecuentes en la Laguna Quila son *Juncus ebracteatus* y *Eleocharis densa*. Son características de condiciones de disturbio las gramíneas *Polypogon viridis*, *Muhlenbergia repens* y *Poa annua*, como también *Rumex obtusifolia*, *Gnaphalium americanum* y *Medicago polymorpha*. Además de las inventariadas en este trabajo, se registran 19 especies adicionales para la Laguna Quila (Bonilla, 1992; Bonilla y Novelo 1995), lo que da un total de 61 para la superficie de este cuerpo de agua.

La mayor parte de las especies censadas en este estudio y en los reconocimientos florísticos efectuados por Bonilla (1992) se encontraron en las otras cinco lagunas visitadas en el Parque Nacional, aunque éstas no se presentan siempre en las mismas agrupaciones vegetales. En la comunidad de *Cyperus niger* y *Carex* cf. *hermannii* se encuentra el musgo *Drepanocladus aduncus* que no ha sido registrado en la Laguna Zempoala. *Isoëtes mexicana* existe en esta última (Bonilla, 1992), y para la Laguna Tonatiahua fueron registrados *Bacopa reflexa* y *Potamogeton crispus*, elementos no hallados en la Laguna Quila.

Formas de vida. La vegetación estudiada está constituida principalmente por hidrófitas herbáceas de porte bajo, a excepción de los manchones de *Typha latifolia* (comunidad de *Myriophyllum aquaticum* y *Eleocharis densa*) y de *Schoenoplectus californicus* (comunidad de *Eleocharis densa* y *Schoenoplectus californicus*) que varían entre 1 y 2.5 m de altura.

Entre las hidrófitas la forma de vida más frecuente es la helófita (Hutchinson, 1975), como es el caso de *Eleocharis densa*, *E. macrostachya* y *Juncus ebracteatus*; otras categorías bien representadas son las hidrófitas enraizadas emergentes (*Myriophyllum aquaticum*), las hidrófitas enraizadas sumergidas (*Potamogeton illinoensis*) y las hidrófitas libres flotadoras o pleustofitas (*Lemna gibba*). La influencia humana ha incrementado la desecación de la laguna, lo que seguramente modificará esta relación a favor de las helófitas, que se presentan en zonas poco profundas.

Distribución y fitogeografía. De la flora existente en la Laguna Quila, la mayor parte de las especies se presentan también en las lagunas e hidroseries, desde los Estados Unidos hasta América del Sur, especialmente en los Andes de Colombia (Cleef, 1981; Rangel y Aguirre, 1983; Cleef y Hooghiemstra, 1984; Wijninga et al., 1989). Lo anterior indica que los cuerpos de agua en las zonas del bosque montano alto y de la zona de páramo ecuatorial contienen una flora vascular de filiación templada más que tropical. Tal patrón se puede entender en función de la existencia de la Gran Cordillera Americana, que se extiende, casi sin interrupción desde Alaska hasta Tierra del Fuego, junto con la presencia de avifauna migratoria acuática que explica también la amplia distribución de muchas plantas acuáticas y subacuáticas a lo largo de esta cordillera.

En la clasificación fitogeográfica se siguió el criterio utilizado por Cleef (1979) y Cleef y Chaverri (1992) y aplicado para México por Almeida et al. (1997) y Herrera y Almeida (1994), donde los componentes templados incluyen a los elementos ampliamente templados (que son taxa representados en las zonas de clima templado de los hemisferios norte, sur y en las montañas altas de los trópicos), holártico y al austral-antártico, el cosmopolita con un elemento del mismo nombre y el tropical dividido en pantropical y neotropical.

En el Cuadro 3, se enumeran los 40 géneros de plantas vasculares registrados para la Laguna Quila (los considerados en este estudio y los señalados por Bonilla y Novelo, 1995), junto con su filiación fitogeográfica. Resulta evidente que el componente templado (con 26 géneros) alcanza 65% del total, con preponderancia del elemento ampliamente templado; el cosmopolita representa 30%, mientras que la importancia del componente tropical (2 géneros, 5%) es mínima.

Conservación. El tipo de vegetación que está desapareciendo más rápidamente en todo el país es el que corresponde a las comunidades acuáticas (Rzedowski, 1978; Lot y Novelo, 1978; Novelo y Lot, 1989). En la Laguna Quila, existe una gradual desaparición de las comunidades acuáticas y de las propias del pantano debido al bombeo continuo y el uso actual de la laguna, lo que conlleva a una extensión progresiva de la unidad de *Ranunculus hydrocharoides* y *Juncus ebracteatus* en la zona húmeda y de la comunidad de *Polypogon viridis* y *Muhlenbergia repens* en la zona más seca.

No se sabe a detalle cuál es el efecto de la extracción del agua por bombeo en esta laguna sobre la distribución espacial actual de las comunidades acuáticas. Sin embargo, durante un sondeo palinológico efectuado en 1995, la laguna estaba mucho más seca en comparación con la situación registrada por Islebe y ter Weijden en 1988, por lo que se considera que la disminución del agua con toda probabilidad afectó seriamente la vegetación. Esta condición se agrava por la presencia de ovejas, vacas y caballos.

Por lo anterior se recomienda monitorear la dinámica de la distribución de estas comunidades, en especial de las partes más húmedas, pues a pesar de la pequeña extensión actual de esta laguna, presenta una gran diversidad florística, comparada con otros lagos mexicanos, con excepción de Cuitzeo y Texcoco (Rzedowski, 1957; Bonilla, 1992; Rojas y Novelo, 1995). Existen muy pocas lagunas en el país a esta altitud, por lo que es importante la preservación de este tipo de cuerpos de agua, siendo tanto un recurso hídrico, como de vegetación, fauna silvestre (en especial vertebrados) y sitio de recreación (Lot et al., 1986). Además, este tipo de lagunas permite efectuar estudios sobre la historia de la vegetación y el clima (Almeida et al., 1990), que son de gran interés para entender la dinámica de la vegetación y para el manejo adecuado de tal recurso natural.

La laguna ha sufrido impactos muy fuertes, por lo que se sugiere que se permita la recuperación del bosque alrededor de la laguna, el control urgente de la extracción por bombeo de agua, la reglamentación de las actividades de recreación, así como la eliminación de otras actividades perjudiciales.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a A. Novelo, A. Herrera, M. V. Arbeláez y H. Novelo, así como a los revisores anónimos por sus valiosos comentarios y sugerencias al manuscrito. A V. Aguilar por su ayuda en la edición final del manuscrito. Por la determinación del material a J. Bonilla (Universidad Autónoma del Estado de Morelos), a N. Diego (Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México), J. Rzedowski (Instituto de Ecología A.C.), H. Balslev (Universidad de Aarhus) y a M. González Ledesma (Colegio de Postgraduados).

LITERATURA CITADA

Acosta-Castellanos, S. 1990. *Agrostis*. In: Rzedowski, J. y G. C. de Rzedowski (eds.). Flora fanerogámica del Valle de México. Vol. III. Instituto de Ecología, A.C. Pátzcuaro, Michoacán. pp. 51-56.

Almeida, L., J. A. González-Yturbe, A. Herrera, A. González, N. López, A. Sandoval y P. Kuhry. 1990. Paleo-ecología en el área de la Laguna Quila, Edo. de México. Rev. Soc. Mex. Paleo. 2: 93-101.

Almeida, L., A. Herrera y A. M. Cleef. 1997. Fitodiversidad y fitogeografia comparativa del bosque de coníferas de la ladera NW del Volcán Popocatépetl, México. In: Almeida-Leñero, L. Vegetación, fitogeografia y paleoecología del zacatonal alpino y bosques montanos de la región central de México. PhD Thesis. Universidad de Amsterdam. Amsterdam. 255 pp.
Anónimo. 1979. Síntesis gráfica y descriptiva del Parque Nacional Lagunas de Zempoala. Parques Nacionales. México, D.F.
Anónimo. 1987. Síntesis geográfica y nomenclátor del Estado de México. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, México.
Balslev, H. 1982. A systematic monograph of the neotropical Juncaceae. Ph.D. Tesis. New York University. Nueva York. 497 pp.
Bonilla, J. 1992. Flora y vegetación acuática vascular de las Lagunas de Zempoala, Morelos, México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 134 pp.
Bonilla, J. y A. Novelo. 1995. Manual de identificación de plantas acuáticas del Parque Nacional Lagunas de Zempoala. Cuadernos del Instituto de Biología. No. 26. 168 pp.
Braun-Blanquet, J. 1979. Fitosociología, bases para el estudio de las comunidades vegetales. H. Blume Ediciones. Madrid. 820 pp.
Cleef, A. M. 1979. The phytogeographical position of the neotropical vascular páramo flora with special reference to the Colombian Cordillera Oriental. In: Larsen, K. y L. B. Holm-Nielsen (eds.). Tropical Botany. Londres. pp. 175-184.
Cleef, A. M. 1981. The vegetation of the páramos of the Colombian Cordillera Oriental Oriental. J. Cramer. Vaduz. 320 pp.
Cleef, A. M. y H. Hooghiemstra. 1984. Present vegetation of the area of the high plain of Bogotá. In: Hooghiemstra, H. Vegetational and climatic history of the High Plain of Bogotá, Colombia: A continuous record of the last 3.5 million years. Dissertationes Botanicae. 79. J. Cramer. Vaduz. 368 pp.
Cleef, A. M. y A. Chaverri. 1992. Phytogeography of the páramo flora of Cordillera de Talamanca, Costa Rica. In: Balslev H. y J. L. Luteyn (eds.). Páramo: an Andean ecosystem under human influence. Academic Press. Londres. pp. 45-60.
Etchevers, J. D. 1985. Un cuarto de siglo de investigación en los suelos volcánicos en México. Serie Cuadernos de Edafología 1. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 35 pp.
Fries, C. Jr. 1960. Geología del estado de Morelos y partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México. Bol. Inst. Geol. Universidad Nacional Autónoma de México 60: 1-236.
Galván, V. R. 1990. Juncaceae. In: Rzedowski, J. y G. C. de Rzedowski (eds.). Flora fanerogámica del Valle de México. Vol. III. Instituto de Ecología A.C., Pátzcuaro, Michoacán. pp. 278-288.
García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 3a. ed. Talleres de Offset Larios, S.A. México, D.F. 252 pp.
González, E., M. S. 1990. Cyperaceae. In: Rzedowski, J. y G. C. de Rzedowski (eds.). Flora fanerogámica de México. Vol. III. Instituto de Ecología A.C., Pátzcuaro, Michoacán. pp. 174-237.
González, E., M. S. y J. Rzedowski. 1983. Algunos aspectos ecológicos y fitogeográficos de las especies de Cyperaceae del Valle de México. Bol. Soc. Bot. Méx. 45: 39-48.

Hartog, C. den y S. Segal. 1964. A new classification of the water plant communities. Acta Bot. Neerl. 13: 367-393.

Herrera, A. y L. Almeida-Leñero. 1994. Relaciones fitogeográficas de la flora vascular de la reserva del Pedregal de San Ángel. In: Rojo, A. (compilador). Reserva Ecológica el Pedregal de San Ángel: Ecología, historia y manejo. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 83-89.

Herrera, Y. y J. Rzedowski. 1990. Gramineae. In: Rzedowski, J. y G. C. de Rzedowski (eds.). Flora fanerogámica del Valle de México. Vol. III. Instituto de Ecología A.C. Pátzcuaro, Michoacán. pp. 34-173.

Hutchinson, G. E. 1975. A treatise on limnology Vol. III. Limnology botany. John Wiley and Sons. Nueva York. 460 pp.

Islebe, G. A., A. Velázquez y A. M. Cleef. 1995. High elevation coniferous vegetation of Guatemala: a phytosociological approach. Vegetatio 116: 7-23.

Lauer, W. y D. Klaus. 1975. Geological investigations on the timberline of Pico de Orizaba, Mexico. Arct. Alp. Res. 7: 315-330.

Lot, A., A. Novelo y P. Ramírez-García. 1986. Listados florísticos de México. Angiospermas acuáticas mexicanas 1. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 60 pp.

Lot, A. y A. Novelo. 1978. Laguna de Tecocomulco, Hgo. Guías botánicas de excursiones de México. Sociedad Botánica de México A.C. México, D.F. 19 pp.

Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and Sons. Nueva York. 547 pp.

Novelo, A. y A. Lot. 1989. Importancia de la vegetación acuática en los ecosistemas. Memorias del simposio internacional sobre la ecología y conservación del Grijalva y Usumacinta. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Centro Regional Tabasco y Gobierno del Estado de Tabasco. Villahermosa. pp. 5-14.

Novelo, A. y A. Lot. 1990. Potamogetonaceae. In: Rzedowski, J. y G. C. de Rzedowski (eds.). Flora fanerogámica del Valle de México. Vol. III. Instituto de Ecología, Pátzcuaro, Michoacán. pp. 14-19.

Rangel, Ch. y J. Aguirre. 1983. Comunidades acuáticas altoandinas I. Vegetación sumergida y de ribera en el Lago de Tota, Boyacá, Colombia. Caldasia 13(65): 719-742.

Rodríguez-Jiménez, C. 1985. Scrophulariaceae. In: Rzedowski, J. y G. C. de Rzedowski (eds.). Flora fanerogámica del Valle de México. Vol. II. Escuela Nacional de Ciencias biológicas, Instituto Politécnico Nacional e Instituto de Ecología. México, D.F. pp. 340-364.

Rojas, J. y A. Novelo. 1995. Flora y vegetación acuáticas del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México. Acta Bot. Mex. 31: 1-17.

Rzedowski, J. 1957. Algunas asociaciones vegetales de los terrenos del Lago de Texcoco. Bol. Soc. Bot. Méx. 21: 19-33.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D.F. 432 pp.

Rzedowski, J. y G. C. de Rzedowski (eds.). 1979. Flora fanerogámica del Valle de México. Vol. I. Ed. CECSA. México, D.F. 403 pp.

Rzedowski, J. y G. C. de Rzedowski (eds.). 1985. Flora fanerogámica del Valle de México. Vol. II. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas e Instituto de Ecología, A.C. México, D.F. 674 pp.

Rzedowski, J. y G. C. de Rzedowski (eds.). 1990. Flora fanerogámica del Valle de México. Vol. III. Inst. Ecología, A.C. Pátzcuaro, Michoacán. 494 pp.

Sosa, H. A. 1935. Los bosques de Huitzilac y las lagunas de Zempoala en el Estado de Morelos. México Forestal 13: 39-46.
Steubing, L., C. Ramírez y M. Alberdi. 1980. Energy content of water and bog plant associations in the region of Valdivia (Chile). Vegetatio 43: 153-161.
Wijninga, V. M., O. Rangel y A. M. Cleef. 1989. Botanical ecology and conservation of the Laguna de la Herrera (Sabana de Bogotá, Colombia). Caldasia 16(76): 23-40.

Recibido en abril de 1996.
Aceptado en octubre de 2003.

Cuadro 2. Listado florístico de las comunidades descritas de la Laguna Quila, Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México.

CARYOPHYLLACEAE
Arenaria paludicola Robinson
COMMELINACEAE
Commelina sp.
COMPOSITAE
Cotula mexicana (DC.) Cabrera
Gnaphalium americanum Mill.
Senecio sp.
CRUCIFERAE
Cardamine flaccida Cham. & Schldl.
CYPERACEAE
Carex marianensis Stacey
Carex cf. *hermannii* Cochr.
Cyperus niger R. & P.
Eleocharis densa Benth.
E. macrostachya Britton
E. montevidensis Kunth
Schoenoplectus californicus (Mey.) Steudel
GENTIANACEAE
Gentiana ovatiloba Kusn.
GRAMINEAE
Muhlenbergia repens (Presl) Hitchc.
Poa annua L.
Polypogon viridis (Gouan) Breistr.
HALORAGACEAE
Myriophyllum aquaticum (Vellozo) Verdc.
IRIDACEAE
Sisyrinchium scabrum Mart. & Gal.
JUNCACEAE
Juncus arcticus var. *mexicanus* (Willd.) Balslev
J. ebracteatus E. Meyer
LEGUMINOSAE
Medicago polymorpha L.
LEMNACEAE
Lemna cf. *gibba* L.
ONAGRACEAE
Epilobium ciliatum Raf.
PLANTAGINACEAE
Plantago australis ssp. *hirtella* (H.B.K.) Rahn
POLYGONACEAE
Polygonum cf. *punctatum* Ell.
Rumex obtusifolius L.
POTAMOGETONACEAE
Potamogeton illinoensis Morong

Continuación Cuadro 2.

Potamogeton pusillus L.
RANUNCULACEAE
Ranunculus cymbalaria Pursh
Ranunculus dichotomus Moc. & Sessé
Ranunculus hydrocharoides A.Gray
Ranunculus trichophyllus Chaix
ROSACEAE
Lachemilla pectinata (H.B.K.) Rothmaler
SCROPHULARIACEAE
Mimulus glabratus H.B.K.
Pedicularis mexicana Zucc. ex Benth.
Veronica americana (Raf.) Schwein.
TYPHACEAE
Typha latifolia L.
UMBELLIFERAE
Berula erecta (Huds.) Coville
Eryngium subacaule Cav.
Hydrocotyle ranunculoides L. f.

Cuadro 3. Filiación fitogeográfica de los géneros de plantas vasculares de las comunidades de la Laguna Quila, Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México.

TEMPLADO		COSMOPOLITA	TROPICAL	
ampliamente templado	austral antártico	cosmopolita	pantropical	neotropical
Arenaria	*Cotula*	*Azolla*	*Commelina*	*Lachemilla*
Berula	*Lilaeopsis*	*Eleocharis*		
Cardamine	*Eryngium*			
Carex	*Gentiana*			
Cyperus	*Isoëtes*			
Epilobium	*Lemna*			
Glyceria	*Myriophyllum*			
Gnaphalium	*Polygonum*			
Gratiola	*Rorippa*			
Hydrocotyle	*Schoenoplectus*			
Juncus	*Sisyrinchium*			
Lilaea	*Typha*			
Mimulus				
Muhlenbergia				
Pedicularis				
Plantago				
Poa				
Polypogon				
Potamogeton				
Ranunculus				
Rumex				
Senecio				
Spiranthes				
Veronica				

Toda correspondencia referente a
suscripción, adquisición de
números o canje, debe dirigirse a:

ACTA BOTANICA MEXICANA

Instituto de Ecología, A.C.
Centro Regional del Bajío
Apartado Postal 386
61600 Pátzcuaro, Michoacán
México

Suscripción anual:

México $ 100.00
Extranjero $ 30.00 U.S.D.